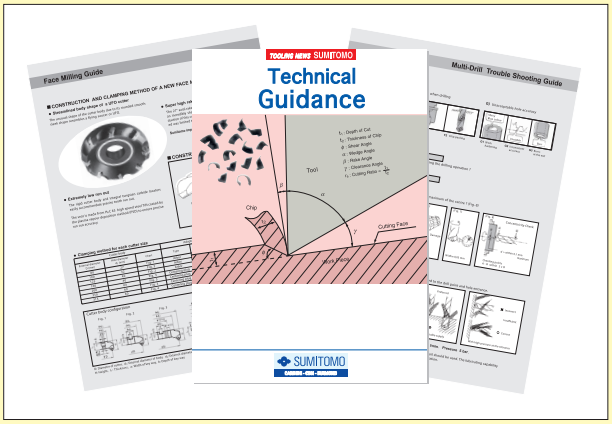
N

Техническое руководство

N1 - N24



Основы точения ..... N 2
Возможные трудности и пути их решения ..... N 3 - 4
Стружкообразование ..... N 5

Основы фрезерования ..... N 6 - 8
Возможные трудности и пути их решения ..... N 9

Основы фрезерования концевым инструментом N10-11
Возможные трудности и пути их решения N12

Основы сверления N13-15
Возможные трудности и пути их решения N16

SUMIBORON
Обработка закаленных сталей N17
Обработка чугуна N18
Обработка труднообрабатываемых материалов N19
Возможные трудности и пути их решения N20

Дополнение
Таблицы материалов N21
Таблица твердости N22
Таблица шероховатости N23

Основы точения

Вычисление необходимой мощности

$$P_c = \frac{d_{oc} \cdot f \cdot v_c \cdot K_c}{60 \times 10^3 \times \eta}$$

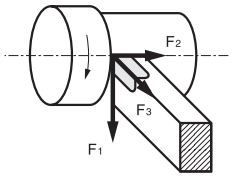
$$H = \frac{W}{0{,}75}$$

P_c : Мощность (кВт)
v_c : Скорость резания (м/мин)
f : Подача (мм/об)
d_{oc} : Глубина резания (мм)
η : КПД (0,7 – 0,85)
K_c : Коэффициент силы резания (Н/мм²)
H : Требуемая мощность (л.с.)

Коэффициент силы резания (Н/мм²)- приблизительное значение

Сталь :	2.500 ~ 3.000 Н/мм²
Чугун :	1.500 Н/мм²
Алюминиевые сплавы :	800 Н/мм²

Силы резания



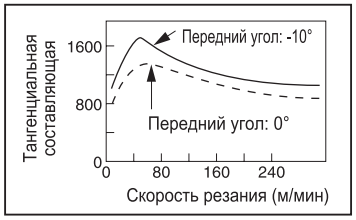
F_1 : Тангенциальная составляющая
F_2 : Осевая составляющая
F_3 : Радиальная составляющая

Вычисление силы резания

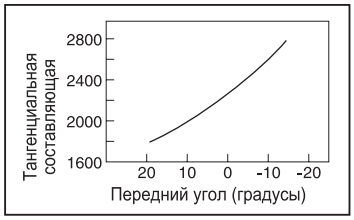
$$F = K_c \cdot q$$

P : Сила резания (Н)
K_c : Коэффициент силы резания (Н/мм²)
q : Поперечное сечение срезаемого слоя (мм²)

Скорость резания и силы резания



Передний угол и силы резания



Вычисление скорости резания

① Вычисление частоты вращения

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D}$$

n : Частота вращения (об/мин)
v_c : Скорость резания (м/мин)
D : Диаметр заготовки (мм)
$\pi \approx 3{,}14$

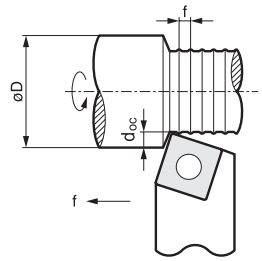
(Пр.) v_c =150м/мин, D=100мм

$$n = \frac{1000 \times 150}{3{,}14 \times 100} = 478 \text{ об/мин}$$

② Вычисление скорости резания

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1.000}$$

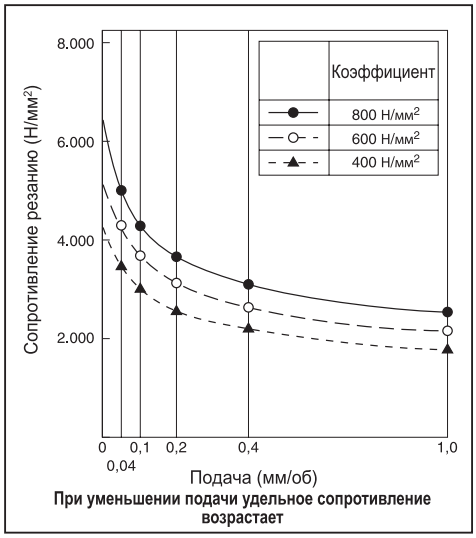
см. табл. выше



n : Частота вращения (об/мин)
v_c : Скорость резания (м/мин)
f : Подача (мм/об)
d_{oc} : Глубина резания (мм)
D : Диаметр заготовки (мм)

Подача и сила резания

(для угл. сталей)

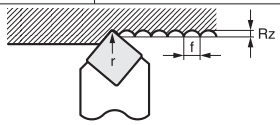


При уменьшении подачи удельное сопротивление возрастает

Теоретическая шероховатость

$$Rz = \frac{f^2}{8r}$$

Rz : Шероховатость (мм)
f : Подача (мм/об)
r : Радиус при вершине (мм)



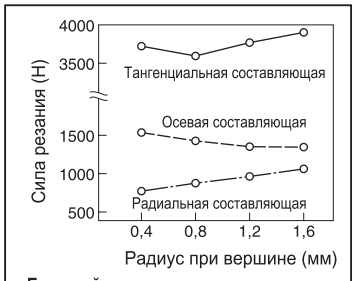
Действительная шероховатость

Сталь :
Выше теоретической в 1,5-3 раза
Чугун :
Выше теоретической в 3-5 раз

Методы снижения шероховатости

① Использовать пластину с большим радиусом при вершине
② Оптимизировать скорость резания и подачу для избегания появления нароста
③ Изменить сплав пластины
④ Использовать геометрию Wiper

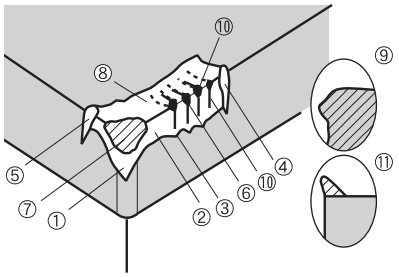
Радиус при вершине и сила резания



Большой радиус при вершине увеличивает радиальную составляющую

Обрабатываемый материал:
42CrMo4 (Hs38)
Пластина: TNGA2204○○
Державка: PTGNR2525-43
Режимы резания: v_c =100м/мин
d_{oc} =4мм
f =0,45мм/об

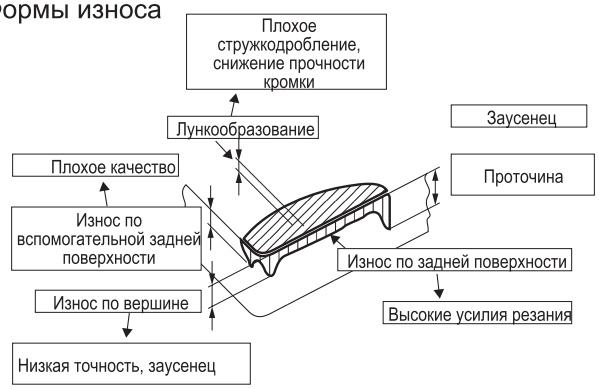
■ Нарушения формы инструмента

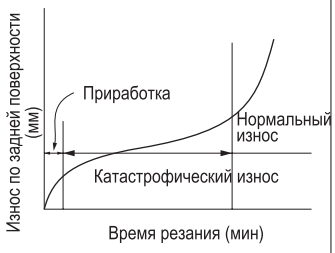


Тип	№	Проблема	Причина
Физическое воздействие	1~5	Износ по задней поверхности	Вследствие задира, вызванного твердыми фракциями, которые содержаться в обрабатываемом материале.
	6	Выкрашивание	Мелкие трещины и разломы, вызванные резанием под высоким давлением, биением, вибрациями и т.д.
	7	Разрушение	Вследствие чрезмерной ударной нагрузки на режущую грань.
Химическое воздействие	8	Лункообразование	Вследствие трения стружки о переднюю поверхность и адгезией со стружкой передней поверхности.
	9	Пластическая деформация	Деформация режущей грани вследствие ее разупрочнения и размягчения при воздействии высоких температур.
	10	Термические трещины	Температурная усталость вследствие цикла нагрева и охлаждения во время прерывистого резания.
	11	Нарост	Осаждение и налипание частиц обрабатываемого материала на режущей грани.

■ Износ

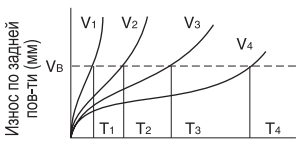
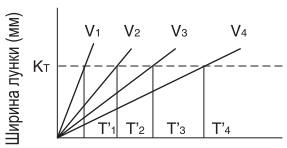
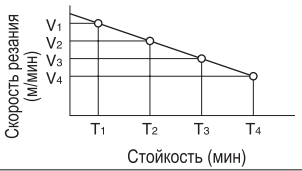
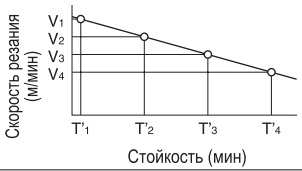
Формы износа



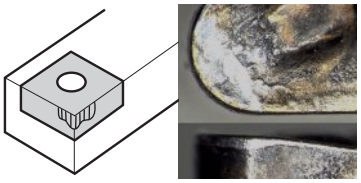
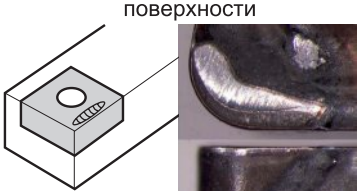
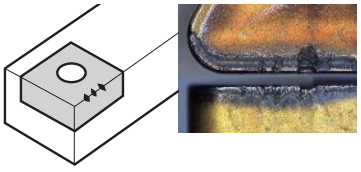
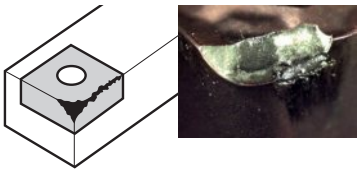
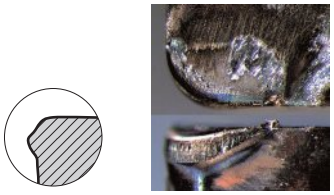
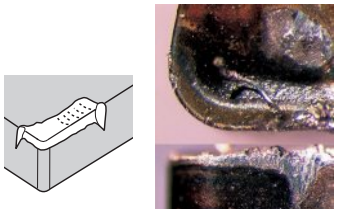
Износ по задней поверхности	Лункообразование
	
Следует не допускать катастрофического износа пластины	Лункообразование постепенно ослабляет режущую кромку, что в итоге может вызвать поломку пластины.

■ Стойкость (V-T)

Влияние скорости на стойкость инструмента

	Износ по задней поверхности	Лункообразование
Износ		
Стойкость		

■ Токарная обработка – устранение проблем

	Проблема	Основные пути решения	
Повреждения режущей кромки	Чрезмерный износ по задней поверхности 	Сплав пластины	- Выберите инструмент из более прочного сплава P30 ⇨ P20 ⇨ P10 K20 ⇨ K10 ⇨ K05
		Геометрия инструмента	- Выберите инструмент с большим передним углом
		Условия резания	- Понизьте скорость резания
	Чрезмерный износ по передней поверхности 	Сплав пластины	- Выберите сплав более стойкий к износу по передней поверхности
		Геометрия инструмента	- Выберите инструмент с большим передним углом - Подберите соответствующий стружколом
		Условия резания	- Понизьте скорость резания - Снизьте подачу и глубину резания
	Выкрашивание режущей кромки 	Сплав пластины	- Выберите инструмент из более прочного сплава P10 ⇨ P20 ⇨ P30 K01 ⇨ K10 ⇨ K20
		Геометрия инструмента	- Если причиной является нарост на грани, то подберите инструмент, менее подверженный наросту (кермет)
		Условия резания	- Выберите меньший передний угол инструмента - Повысьте скорость
	Разрушение режущей кромки 	Сплав пластины	- Выберите инструмент из более прочного сплава P10 ⇨ P20 ⇨ P30 K01 ⇨ K10 ⇨ K20
		Геометрия инструмента	- Используйте стружколом с прочной кромкой - Используйте державку с большим углом в плане - Используйте большее сечение державки
		Условия резания	- Снизьте глубину резания и подачу
	Нарост	Сплав пластины	- Используйте сплав с меньшей адгезией к обрабатываемому материалу
		Условия резания	- Увеличьте скорость резания и подачу - Используйте СОЖ
	Пластическая деформация 	Сплав пластины	- Используйте более температуростойкий сплав
		Условия резания	- Уменьшите скорость резания и подачу
	Проточина 	Сплав пластины	- Используйте более износостойкий сплав P30 ⇨ P20 ⇨ P10 K20 ⇨ K10 ⇨ K05 - Используйте сплав с более гладким покрытием
		Геометрия инструмента	- Выберите подходящий стружколом
		Условия резания	- Измените глубину резания для смещения положения проточины

Тип стружки

	a	b	c	d
Форма				
Описание	Сливная стружка	Элементная стружка	Процесс пластической деформации (вместо резания)	Стружка скалывания
Материалы	Сталь, нержавеющая сталь	Сталь, нержавеющая сталь (низкая скорость резания)	Сталь, нержавеющая сталь (низкая скорость резания и подача)	Чугун
Параметры	Большой ← Передний угол → Маленький Маленькая ← Глубина резания → Большая Высокая ← Скорость резания → Низкая			

Управление процессом стружкообразования

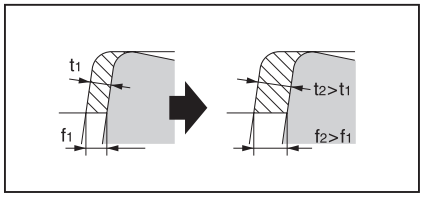
Подача	A	B	C	D	E
Большая					
Маленькая					
Станки с ЧПУ	×	×	○	○	△
Универсальные станки	×	○	○	○ ~ △	×

Хорошая форма: C и D тип.

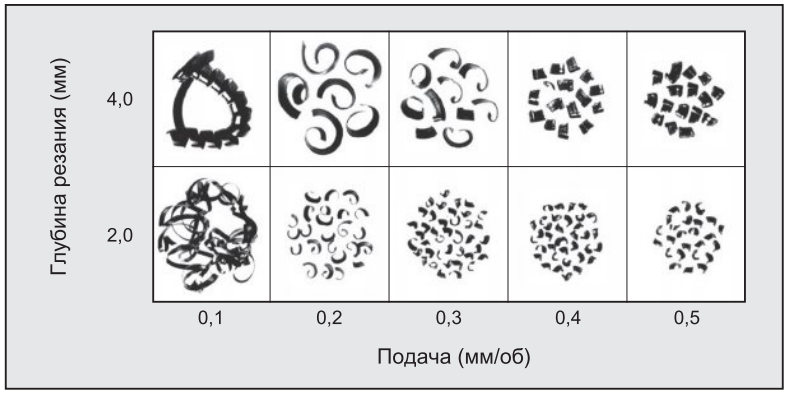
Плохая форма
- A тип : небезопасно, плохое качество обработанной поверхности
- B тип : небезопасно, плохое качество обработанной поверхности
- E тип : плохое качество обработанной поверхности, большая температура и силы резания

Факторы улучшения процесса стружкообразования

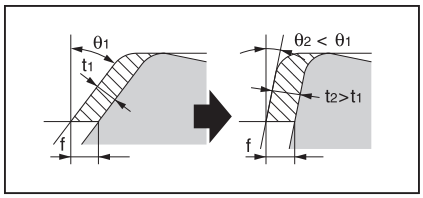
① Повысить подачу



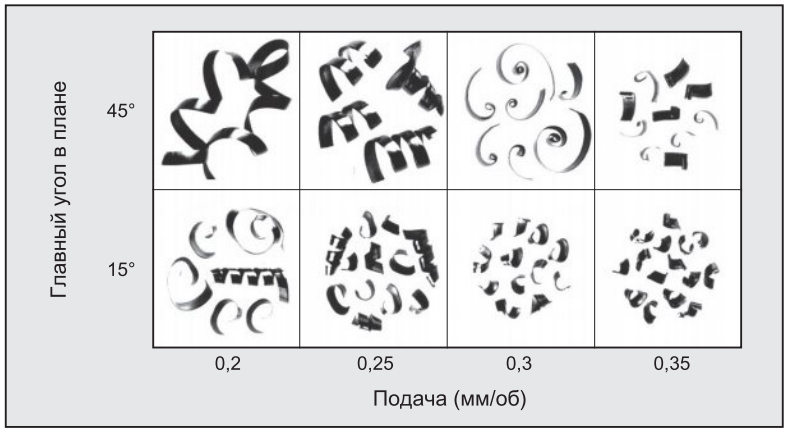
При увеличении подачи увеличивается толщина стружки.



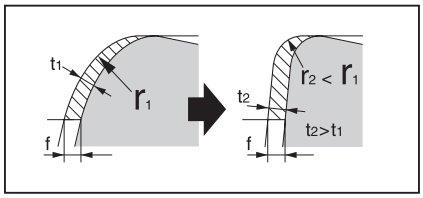
② Увеличить главный угол в плане



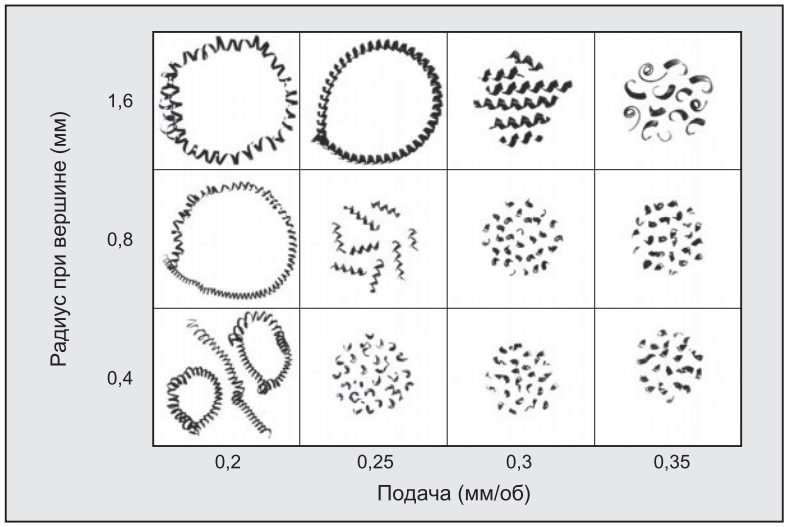
Увеличивается толщина стружки (при неизменной подаче).



③ Уменьшить радиус при вершине

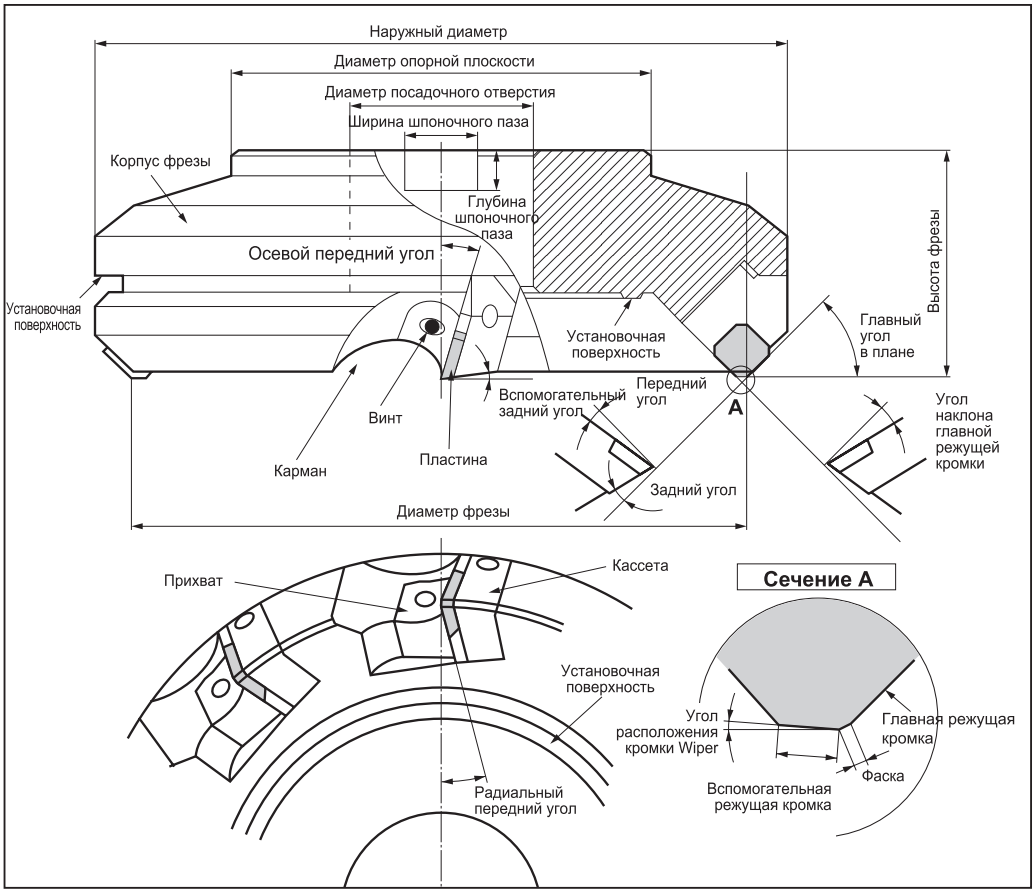


Увеличивается толщина стружки (при неизменной глубине резания).



Основы фрезерования

■ Конструкция корпусной фрезы



■ Вычисление требуемой мощности

● Вычисление силы резания

$$P_c = \frac{d_{oc} \cdot w_{oc} \cdot v_f \cdot K_c}{60 \times 10^6 \times \eta} \text{ (кВт)}$$

● Мощность (л.с.)

$$H = \frac{Pc}{0{,}75}$$

● Производительность

$$Q = \frac{d_{oc} \times w_{oc} \times v_f}{1.000} \text{ (см}^3\text{/мин)}$$

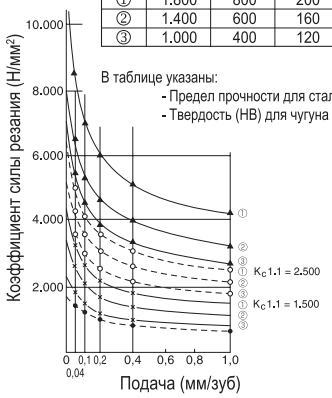
P_c : Требуемая мощность (кВт)
H : Требуемая мощность (л.с.)
Q : Производительность (см³/мин)
w_{oc} : Ширина фрезерования (мм)
v_f : Подача (мм/мин)
d_{oc} : Глубина резания (мм)
η : КПД (0,7-0,85)
K_c : Коэффициент силы резания (Н/мм²)

Приблизительное значение
(Сталь: 2500-3000
Чугун: 1500)

● Коэффициент силы резания

Обраб. мат-л / No.	Легированная сталь	Углеродистая сталь	Чугун	Алюминиевый сплав
①	1.800	800	200	–
②	1.400	600	160	–
③	1.000	400	120	–

В таблице указаны:
- Предел прочности для сталей
- Твердость (НВ) для чугуна



● Вычисление скорости резания

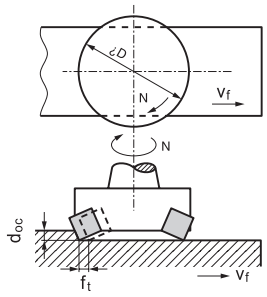
$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1.000}$$

● Вычисление минутной подачи

$$v_f = f_t \times z \times n$$

$$f_t = \frac{v_f}{z \times n}$$

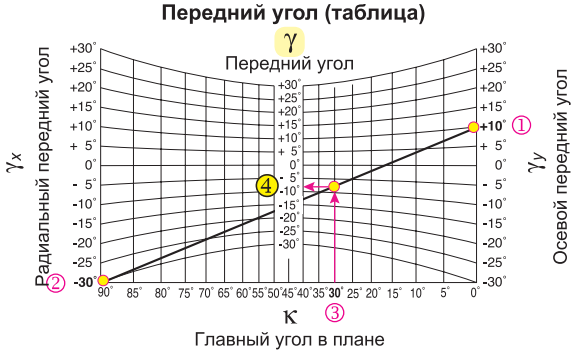
v_c : Скорость резания (м/мин)
$\pi \approx 3{,}14$
D : Диаметр фрезы (мм)
n : Частота вращения (об/мин))
v_f : Минутная подача (мм/мин)
f_t : Подача (мм/зуб)
z : Количество зубьев



Углы резания

	Название	Обозн-е	Функции	Описание
① ②	Осевой передний угол Радиальный передний угол	γ_y γ_x	Влияние на направление схода стружки, силы резания	Возможны различные сочетания осевого и радиального переднего угла (см. ниже)
③	Главный угол в плане	κ	Влияние на толщину стружки и направление ее схода	Уменьшение главного угла в плане приводит к снижению толщины стружки и сил резания
④	Передний угол	γ	Влияние на качество поверхности, силы резания	Большой передний угол приводит к снижению сил резания, но прочность кромки уменьшается, и наоборот.
④	Угол наклона режущей кромки	λ	Влияние на направление схода стружки	Большой угол приводит к снижению сил резания, но прочность кромки уменьшается.
⑥	Угол расположения кромки Wiper	α_f	Влияние на качество поверхности	Меньший угол позволяет получить лучшую шероховатость.
⑦	Задний угол	α	Влияние на прочность кромки, стойкость	

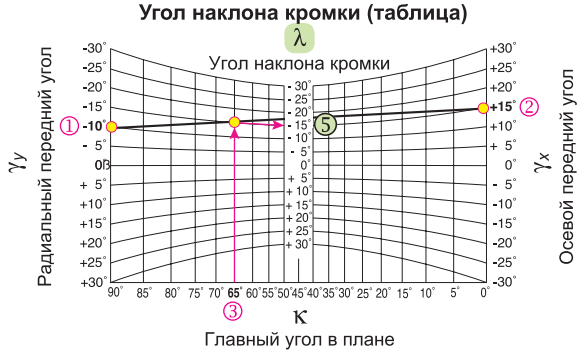
Передний угол (таблица)



Пример использования		Результат:
① γ_y :	Осевой передний угол = +10°	
② γ_x :	Радиальный передний угол = -30°	
③ κ :	Главный угол в плане = 30°	④ γ = - 8°

Формула : $\tan\gamma = \tan\gamma_x \cdot \sin\kappa + \tan\gamma_y \cdot \cos\kappa$

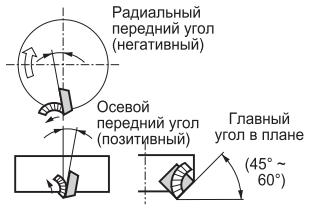
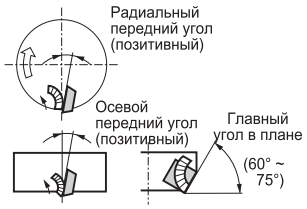
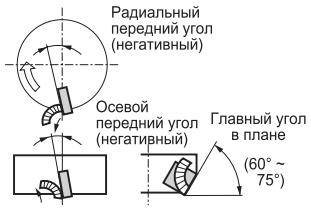
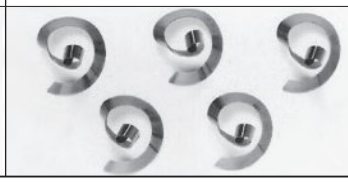
Угол наклона кромки (таблица)



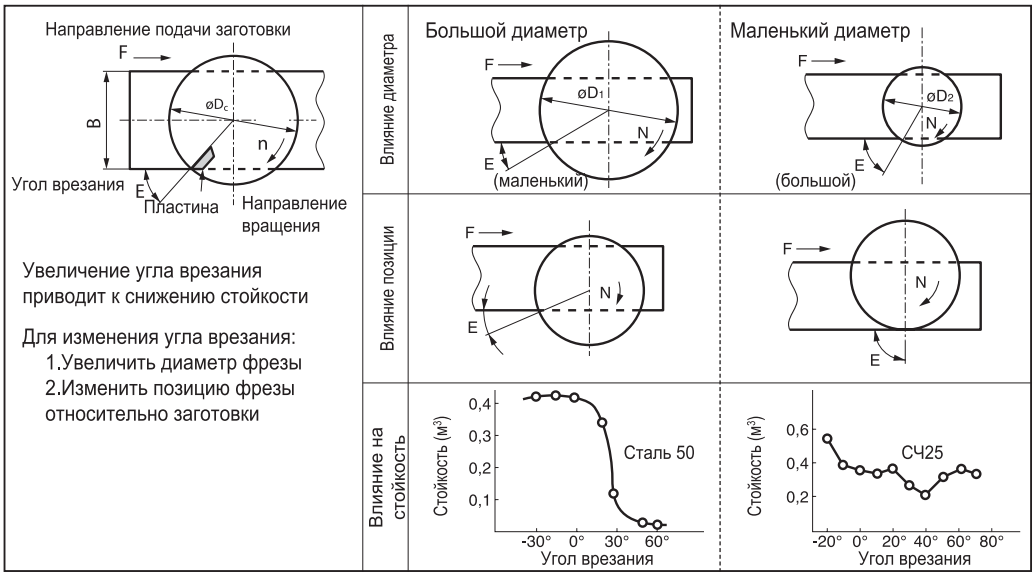
Пример использования		Результат:
① γ_y :	Осевой передний угол = -10°	
② γ_x :	Радиальный передний угол = +10°	
③ κ :	Главный угол в плане = 65°	⑤ λ = - 15°

Формула : $\tan\lambda = \tan\gamma_y \cdot \sin\kappa - \tan\gamma_x \cdot \cos\kappa$

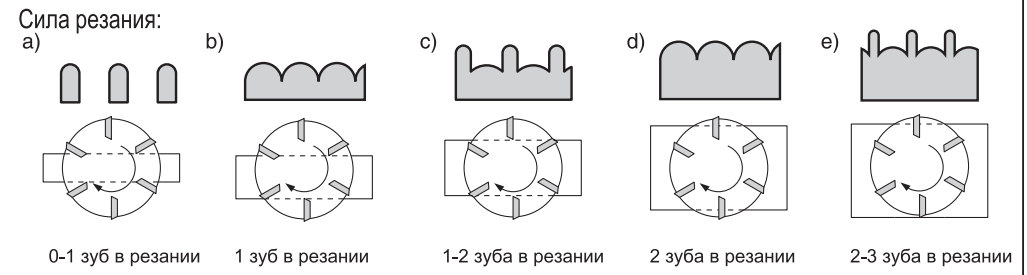
Передний угол: осевой и радиальный (комбинация)

	Негативный-позитивный тип	Позитивный тип	Негативный тип
Влияние типа конструкции фрезы на процесс фрезерования Направление схода стружки Направление вращения			
Преимущества	Превосходная эвакуация стружки	Высокая режущая способность	Используются двусторонние пластины, высокая прочность кромки
Недостатки	Односторонние пластины используются	Низкая прочность кромки, односторонние пластины используются	Ограниченная область применения
Применение	Для стали, чугуна, нержавеющих сталей	Общее фрезерование сталей, обработка нежестких заготовок	Для чистового фрезерования чугуна и стали
Представители	WGC, UFO	DPG	DNX, DGC, DNF
Стружка (пример) Обраб. мат.: 37Cr4 v_c = 130 м/мин f_t = 0.23 мм/зуб d_{oc} = 3 мм			

■ Влияние угла врезания на стойкость



● Влияние количества зубьев в резании на силу резания



■ Улучшение шероховатости

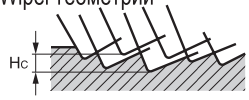
① Все пластины имеют Wiper геометрию

- Wiper с прямой кромкой (вспомогательный угол в плане: 15'-1°)
- Wiper с радиусной кромкой (пример - R500)

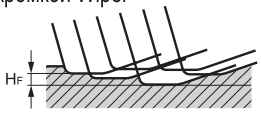
② Одна или несколько пластин с геометрией Wiper

- Применимо для WGC, RF типа и др.

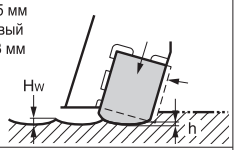
● Шероховатость без применения Wiper геометрии



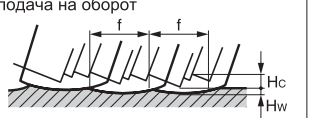
● Шероховатость с прямой кромкой Wiper



h : Вылет пластины Wiper
Сталь: 0,05 мм
Алюминиевый сплав: 0,03 мм

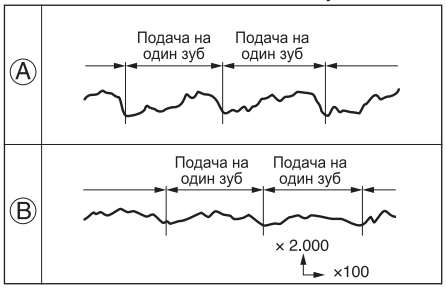


f : подача на оборот



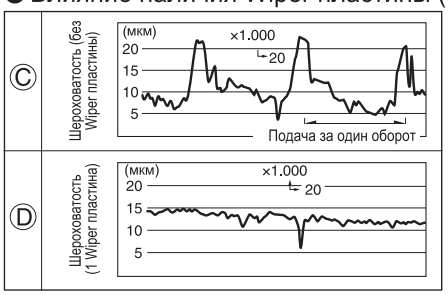
Шероховатость без применения Wiper пластин
Шероховатость с применением Wiper пластин

● Влияние вспомогательного угла в плане (для Wiper кромки)



- Обраб. мат.: 34CrMo4
- Фреза: DPG 5160 R (Один зуб)
- v_c = 154 м/мин
  f_t = 0,234 мм/зуб
  d_{oc} = 2 мм
- Вспомогательный угол в плане
  Ⓐ: 28'
  Ⓑ: 6'

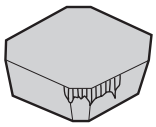
● Влияние наличия Wiper пластины (пример)



- Обраб.мат.: СЧ25
- Пластина: SPKN 1203
- Осевое биение: 0,015 мм
- Радиальное биение: 0,04 мм
- v_c = 105 м/мин
- f_t = 0,29 мм/зуб (1,45 мм/об)

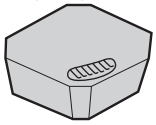
Ⓒ: без Wiper пластины
Ⓓ: 1 Wiper пластина

■ Фрезерная обработка – устранение проблем

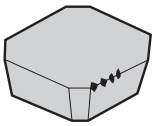
<table>
<tr><th colspan="2">Проблема</th><th colspan="2">Основные пути решения</th><th>Примеры решений</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Повреждение режущей грани</td><td>Чрезмерный износ по задней поверхности
  </td><td>Материал инструмента

Условия резания</td><td>- Выберите более износостойкий твердый сплав.

P30 ⇨ P20
K20 ⇨ K10

- Понизьте скорость резания.
- Повысьте подачу.</td><td>- Рекомендованные сплавы режущей пластины
<table><tr><th></th><th>Сталь</th><th>Чугун</th><th>Цветные металлы</th></tr><tr><td>Финишная обработка</td><td>T250A (Кермет)</td><td>ACK200 (ТС с покрытием)
BN700 (SUMIBORON)</td><td>DA1000 (SUMIDIA)</td></tr><tr><td>Черновая обработка</td><td>ACP100 (ТС с покрытием)</td><td>ACK200 (ТС с покрытием)</td><td>DL1000 (ТС с покрытием)</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Чрезмерный износ в виде кратера
  </td><td>Материал инструмента

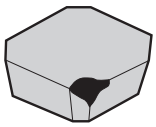
Условия резания</td><td>- Выберите более износостойкий сплав к износу по передней поверхности.

- Понизьте скорость резания.
- Уменьшите глубину резания и подачу.</td><td>- Рекомендованные сплавы режущей пластины
<table><tr><th></th><th>Сталь</th><th>Чугун</th><th>Цветные металлы</th></tr><tr><td>Финишная обработка</td><td>T250A (Кермет)</td><td>ACK200 (ТС с покрытием)</td><td>DA1000 (SUMIDIA)</td></tr><tr><td>Черновая обработка</td><td>ACP100 (ТС с покрытием)</td><td>ACK200 (ТС с покрытием)</td><td>DL1000 (ТС с покрытием)</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Выкрашивание режущей грани
  </td><td>Материал инструмента

Условия резания

Конструкция инструмента</td><td>- Выберите инструмент из более прочного твердого сплава.
P10 ⇨ P20 ⇨ P30
K01 ⇨ K10 ⇨ K20

- Понизьте скорость подачи.

- Выберите негативно-позитивную фрезу с большим углом в плане.
- Выбрать пластину с большей. подготовкой кромки (скруглением).</td><td>- Рекомендованные сплавы режущей пластины
<table><tr><th></th><th>Сталь</th><th>Чугун</th></tr><tr><td>Финишная обработка</td><td>ACP200 (ТС с покрытием)</td><td>ACK200 (ТС с покрытием)
EH20 ((ТС без покрытия)</td></tr><tr><td>Черновая обработка</td><td>ACP300 (ТС с покрытием)</td><td>ACK300 (ТС с покрытием)</td></tr></table>
- Рекомендованная фреза: WaveMill тип WGC.
- Условия резания: см. рекомендуемые условия, указанные в общем каталоге</td></tr>
<tr><td>Частичное разрушение режущих граней
  </td><td>Материал инструмента

Условия резания

Конструкция инструмента</td><td>- Если это вызвано низкой скоростью резания или низкой подачей, то выберите сплав с большей устойчивостью к адгезии с обрабатываемым материалом
- Если это вызвано образованием термических трещин, то выберите более теплостойкий сплав.

- Подберите режимы резания, соответствующие данному применению.

- Выберите негативно-позитивную фрезу с большим углом в плане.
- Выбрать пластину с большей подготовкой кромки (скруглением).
- Увеличьте размер режущей пластины (в частности, толщину).</td><td>- Рекомендованные сплавы режущей пластины
<table><tr><th></th><th>Сталь</th><th>Чугун</th></tr><tr><td>Черновая обработка</td><td>ACP300
(ТС с покрытием)</td><td>ACK300
(ТС с покрытием)</td></tr></table>
- Рекомендованная фреза: WaveMill тип WGC.

- Толщина режущей пластины: 3,18 → 4,76 мм.

- Тип режущей пластины: стандартный → более прочная грань.

- Условия резания: см. рекомендуемые условия, указанные в общем каталоге.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Иное</td><td>Неудовлетворительное качество обработки поверхности</td><td>Материал инструмента

Условия резания

Конструкция инструмента</td><td>· Выберите сплав стойкий к адгезии.
ТС → Кермет

· Увеличьте скорость резания.

· Уменьшите осевое биение режущих кромок.
· Используйте wiper геометрию.
· Используйте фрезы для чистовой обработки.</td><td>- Рекомендованные сплавы режущей пластины
<table><tr><th></th><th></th><th>Сталь</th><th>Чугун</th><th>Цветные металлы</th></tr><tr><td>Черновая обработка</td><td>Фреза
Режущая пластина</td><td>WGC тип*
ACP200
(Кермет)</td><td>DNX тип*
ACK200
(Кермет)</td><td>RF тип*
H1 (TC)
DL1000 (ТС с покрытием)</td></tr><tr><td>Финишная обработка</td><td>Фреза
Режущая пластина</td><td>WGC тип
T250A
(Кермет)</td><td>FMU тип
BN700
(SUMIBORON)</td><td>FMU тип
DA1000
(SUMIDIA)</td></tr></table>
* данные фрезы могут быть оснащены зачистной пластиной.</td></tr>
<tr><td>Вибрация</td><td>Условия резания
Конструкция инструмента

Иное</td><td>- Уменьшите количество зубьев.

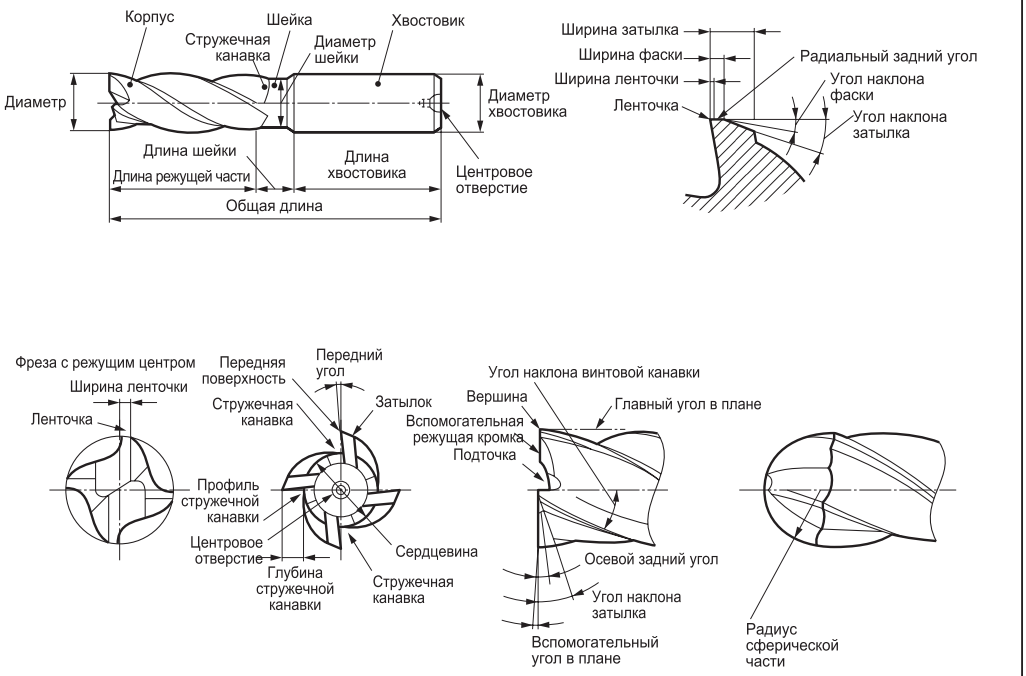
- Подберите фрезу с большим передним углом и острой геометрией.
- Используйте фрезу с переменным углом между зубьями.
- Усильте крепление обрабатываемой детали и крепление фрезы.</td><td>- Рекомендованные фрезы:

Для стали: WaveMill тип WGC
Для чугуна: торцевая фреза тип WGC(F)
Для цветных сплавов: высокоскоростная фреза типа RF для алюминия</td></tr>
<tr><td>Неудовлетворительное дробление стружки</td><td>Конструкция инструмента</td><td>- Выберите фрезу с лучшими стружкодроблением.
- Уменьшите количество зубьев.
- Увеличьте карман для стружки.</td><td>- Рекомендованная фреза: WaveMill тип WGC</td></tr>
<tr><td>Скалывание краёв на обрабатываемой детали</td><td>Конструкция инструмента
Условия резания</td><td>- Выберите большой угол в плане.

- Уменьшите подачу.</td><td>- Рекомендованная фреза: WaveMill тип WGC</td></tr>
<tr><td>Заусенец на обрабатываемой детали</td><td>Конструкция инструмента
Условия резания</td><td>- Выберите фрезу с острой геометрией.

- Повысьте подачу.</td><td>- Рекомендованная фреза: WaveMill типа WGC</td></tr>
</table>

■ Конструкция концевой фрезы



■ Вычисление режимов резания

● Скорость резания

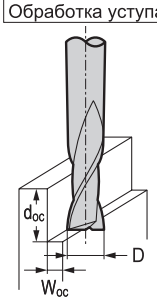
$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1.000} \qquad n = \frac{1.000 \cdot v_c}{\pi \cdot D}$$

● Подача

$$v_f = f_r \times n$$

$$v_f = f_t \times z \times n \qquad f_t = \frac{v_f}{z \times n}$$

Обработка уступа

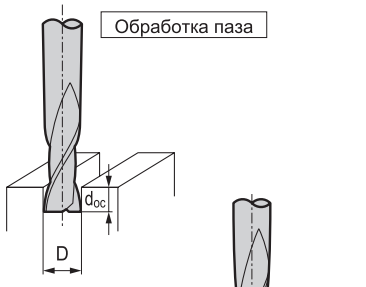


v_c : Скорость резания (м/мин)
$\pi \approx 3{,}14$
D : Диаметр фрезы (мм)
n : Частота вращения (об/мин)
v_f : Минутная подача (мм/мин)
f_r : Подача на оборот (мм/об)
f_t : Подача (мм/зуб)
z : Количество зубьев

● Глубина резания

d_{oc} : Осевая (глубина)
w_{oc} : Радиальная (ширина)

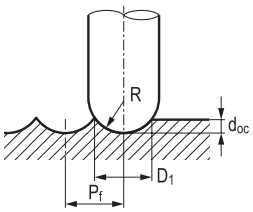
Обработка паза

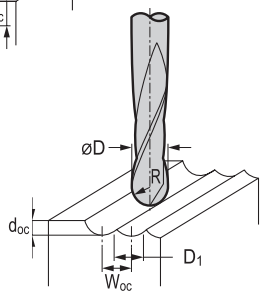


Сферическая фреза

● Диаметр следа (D_1)

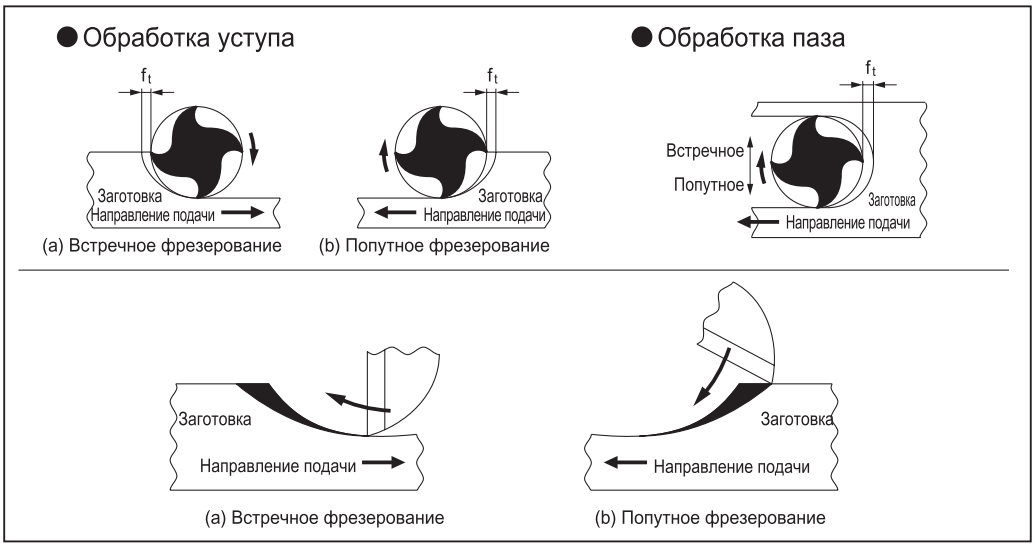
$$D1 = 2 \times \sqrt{2 \times R \times d_{oc} - d_{oc}^2}$$

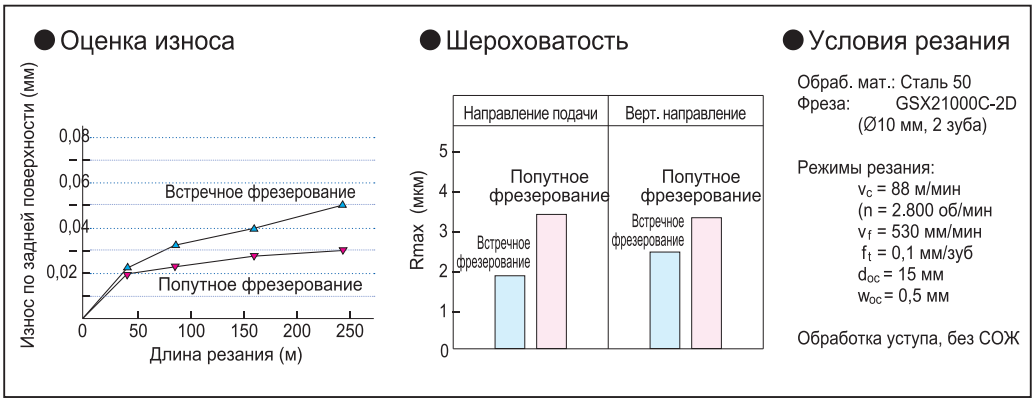




● Используются формулы расчета режимов для обычной концевой фрезы

■ Встречное и попутное фрезерование





■ Влияние условий обработки на результат

Концевое фрезерование			Обработка уступа Обраб. мат.: закаленная сталь (40HRC) Режимы резания: v_c = 25 м/мин, d_{oc} = 12 мм, W_{oc} = 0,8 мм		Обработка паза Обраб. мат.: закаленная сталь (40HRC) Режимы резания: v_c = 25 м/мин, d_{oc} = 8 мм, W_{oc} = 8 мм	
Обозначение	Кол-во зубьев	Угол наклона винтовой канавки	Подача 0,16 мм/об	Подача 0,11 мм/об	Подача 0,05 мм/об	Подача 0,03 мм/об
			Тип	Тип	Тип	Тип
			Встречное фрезерование / Попутное фрезерование	Встречное фрезерование / Попутное фрезерование	Встречное фрезерование / Попутное фрезерование	Встречное фрезерование / Попутное фрезерование
SSM 2080	2	30°				
SSM 4080	4	30°				

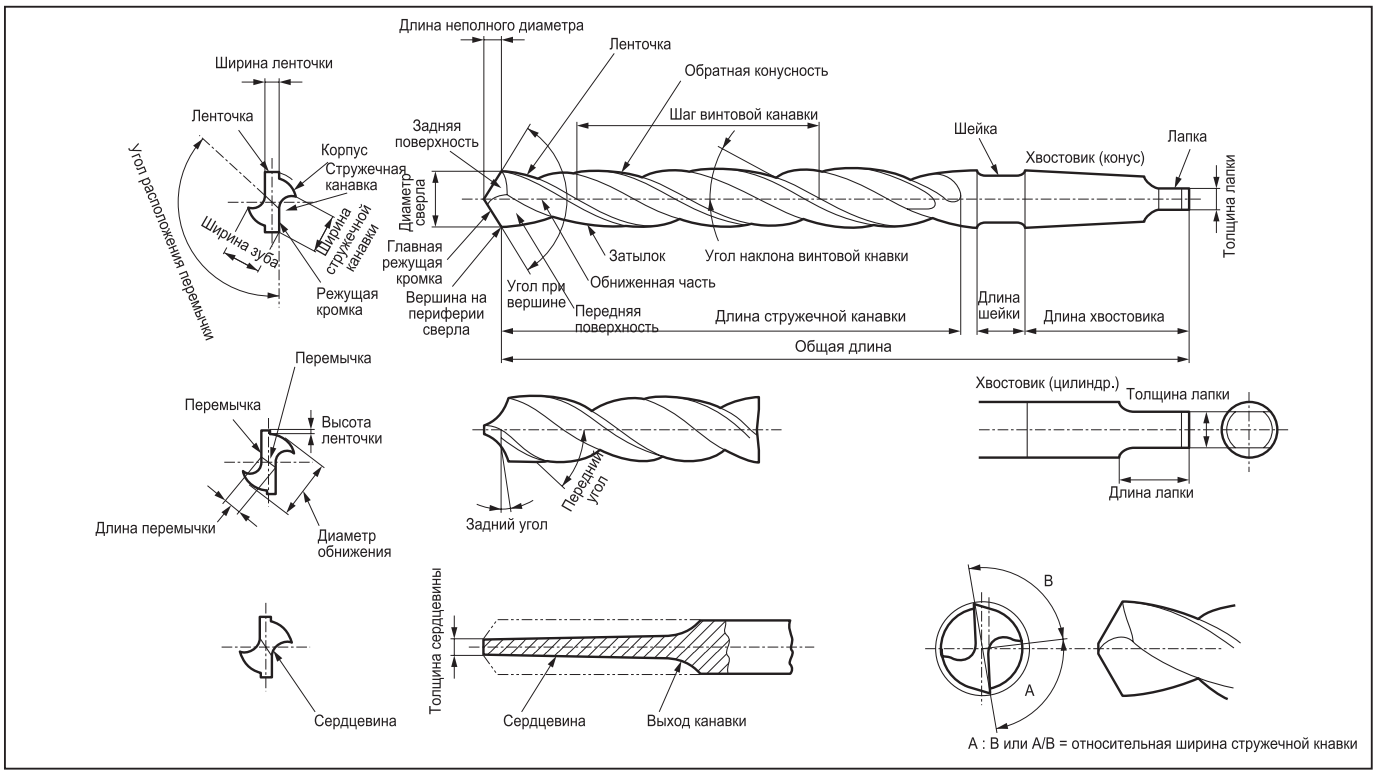
Полученная поверхность

Ожидаемая поверхность

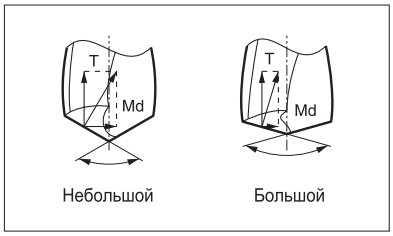
■ Фрезерование монолитными фрезами – устранение проблем

Проблема		Основные пути решения		Примеры решений
Повреждения режущей грани	Чрезмерный износ на вершинах и периферийных режущих гранях	Материал инструмента	- Выберите более высокий класс износоустойчивости.	- Без износостойкого покрытия ⇨ с покрытием, например GS MILL.
		Условия резания	- Понизьте скорость резания, увеличьте подачу. - Проверьте расход и тип смазочно-охлаждающей жидкости.	- Смазочно-охлаждающая жидкость: Водорастворимая СОЖ ⇨ Маслорастворимая СОЖ.
	Выкрашивание на режущей грани	Условия резания	- Уменьшите подачу. - Используйте попутное фрезерование. - Уменьшите глубину резания.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге.
		Станок или иное	- Избавьтесь от люфта станка - Обеспечьте надёжную фиксацию обрабатываемой детали. - Увеличьте жёсткость крепления инструмента. -Уменьшите вылет инструмента	- Проверьте повреждение цанги и точность зажимного патрона.
	Поломка инструмента при обработке	Условия резания	- Повысьте скорость резания. - Снизьте подачу. - Уменьшите глубину резания. - Уменьшите вылет инструмента.	- Если скорость вращения шпинделя слишком маленькая, то используйте мультиприкаторную головку.
		Конструкция инструмента	- Снизьте длину резания.	- Проверьте повреждение цанги и точность зажимного патрона.
Неудовлетворительное качество обработки поверхности	Неудовлетворительное качество обработки поверхности: - Шероховатость поверхности - Волнистость поверхности - Геометрическая точность сторон (перпендикулярность)	Материал инструмента	- Подберите сплав с большим модулем упругости. - Подберите сплав более устойчивый к адгезии с обрабатываемым материалом.	
		Условия резания	- Понизьте скорость подачи. - Уменьшите глубину резания. - Используйте попутное фрезерование.	- Используйте концевые фрезы с большим углом наклона спирали, например такие, как HSM. - 2 зуба ⇨ 4 зуба например тип SSM2000/ZX необходимо сменить на тип SSM4000/ZX или GLM40000SF.
		Конструкция инструмента	- Выберите большой угол наклона спирали. - Увеличьте количество зубьев - Уменьшите длину резания.	- Для фрезерования алюминия выберите тип ASM DL с DLC покрытием.
		Иное	- Примите меры по предотвращению налипания материала на режущую грань.	
	Вибрация	Условия резания	- Понизьте скорость резания. - Используйте попутное фрезерование. - Используйте смазочно-охлаждающую жидкость.	- Проверьте зазоры между оправкой и цангой. - Проверьте зазоры между цангой и концевой фрезой.
		Конструкция инструмента	- Усильте крепление обрабатываемой детали и крепление фрезы в патроне.	
Иное	Пакетирование стружки	Материал инструмента	- Уменьшите подачу. - Уменьшите глубину резания. - Уменьшите количество стружечных канавок.	
		Условия резания	- Увеличьте возможности по удалению стружки.	- 4 зуба ⇨ 2 зуба - Используйте концевые фрезы с хорошими возможностями по удалению стружки (например, такие как UP MILL или GS MILL)
		Конструкция инструмента	- Увеличьте расход смазочно-охлаждающей жидкости.	

■ Конструкция сверла

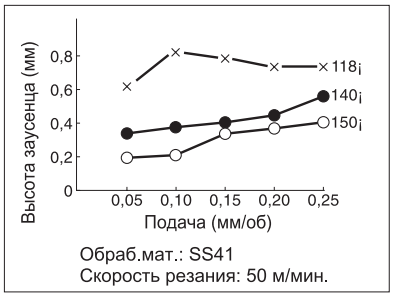


● Угол при вершине и сила резания



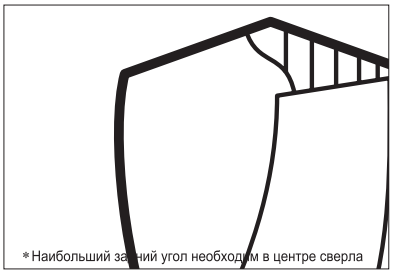
При увеличении угла при вершине требуемый для сверления момент уменьшается, а сила возрастает.

● Угол при вершине и заусенец

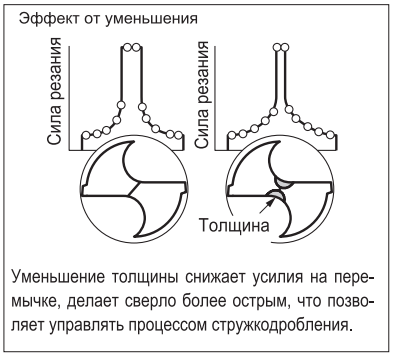


Высота заусенца снижается при большом значении угла при вершине.

● Минимальный задний угол

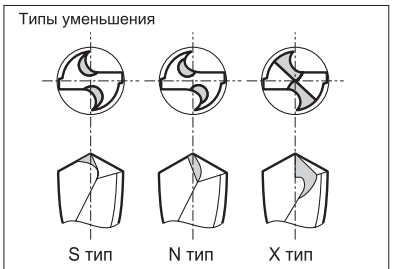


● Ширина сердцевины и силы резания



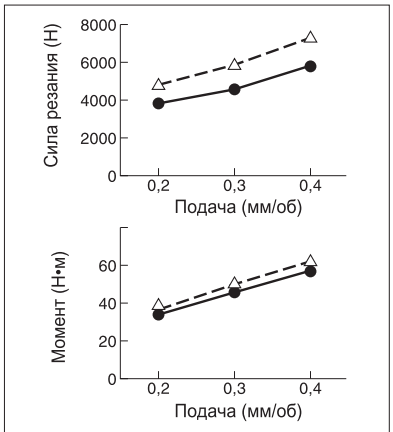
Уменьшение толщины снижает усилия на перемычке, делает сверло более острым, что позволяет управлять процессом стружкодробления.

● Уменьшение перемычки



S тип : стандартный тип
N тип : подходит для сверл с тонкой сердцевиной
X тип : для труднообрабатываемых материалов или глубокого сверления

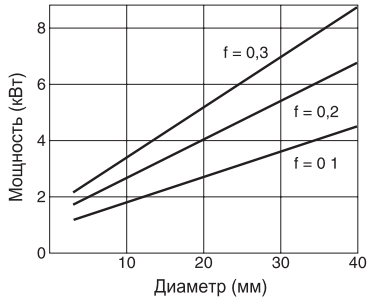
● Влияние ширины ленточки на силы резания

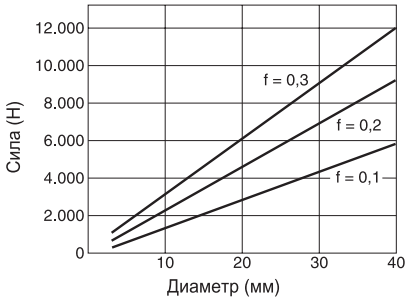


Сверло: KDS 215 MAK
Обраб.мат.: Сталь 50 (230 HB)
Режимы резания:
v_c = 50 м/мин, СОЖ

Основы сверления

■ Требуемая мощность и силы резания





Обрабатываемый материал:
Сталь 45 (220 НВ).

■ Выбор режимов резания

● Управление силой резания

В таблице представлена зависимость силы резания и момента от ширины цилиндрической части ленточки и значения подачи

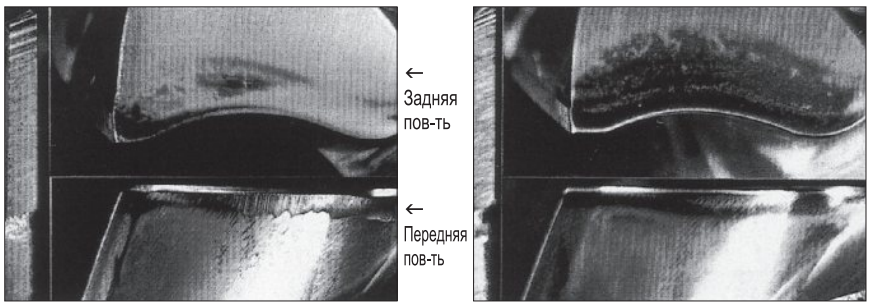
Режимы резания		Ширина цилиндрической части ленточки			
		0,15 мм		0,05 мм	
v_c (м/мин)	f (мм/об)	Момент (Н•м)	Сила резания (Н)	Момент (Н•м)	Сила резания (Н)
40	0,38	12,8	2.820	12,0	2.520
50	0,30	10,8	2.520	9,4	1.920
60	0,25	9,2	2.320	7,6	1.640
60	0,15	6,4	1.640	5,2	1.100

Сверло: ø10
Обраб.мат.:
Сталь 50 (230HB)

● Высокоскоростная обработка

Допускается увеличение скорости резания, при наличии для этого необходимых условий (оборудование, закрепление заготовки)

Примеры износа



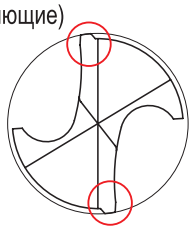
Vc=60 м/мин

Vc=120 м/мин

Обрабатываемый материал: Сталь 50 (230 НВ)
Режимы резания: f = 0,3 мм/об
d_{oc} = 5 мм
Стойкость: 600 отверстий (длина резания – 30м)

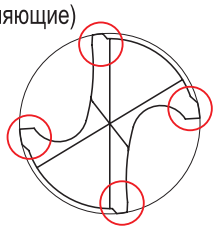
■ Сверло с одной/двумя ленточками

● Сверло с одной ленточкой (2 направляющие)



● Общеупотребляемая

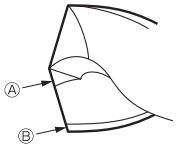
● Сверло с двумя ленточками (4 направляющие)



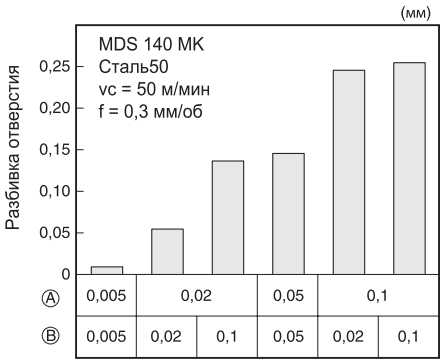
● 4 направляющие позволяют увеличить стабильность обработки, особенно, при глубоком сверлении

■ Биение

Осевое биение точек A и B оказывают большое влияние на точность обрабатываемого отверстия.

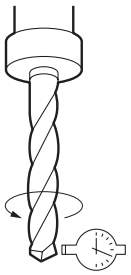


Ⓐ : осевое биение точки A
Ⓑ : осевое биение точки B



■ Радиальное биение (вращающийся инструмент)

Радиальное биение сверла при установке в шпиндель станка должно быть не более 0,03 мм. Если значение биения больше, то по причине большой радиальной составляющей силы резания может произойти поломка сверла.



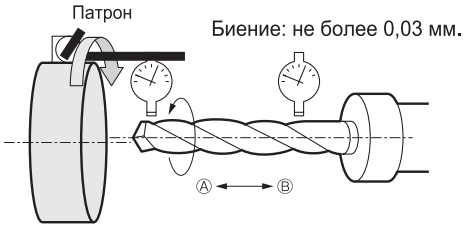
Радиальное биение (мм)	Разбивка отверстия 0 0,05 (мм)	Радиальная составляющая силы резания 0 10 (кг)
0,005		
0,09		

Сверло: MDS120MK
Обрабатываемый материал: Сталь 50 (230HB)
Режимы резания: v_c=50 м/мин, f=0,3 мм/об, d_{oc} =38 мм
СОЖ

Биение: не более 0,03 мм.

■ Радиальное биение (при вращении заготовки)

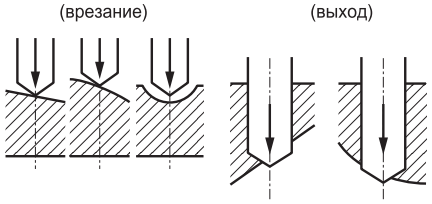
При сверлении на токарном станке биение точки A должно быть не более 0,03 мм, биение точки B должно иметь схожее значение с биением точки A.



■ Поверхность заготовки

● Заготовки с неплоской поверхностью

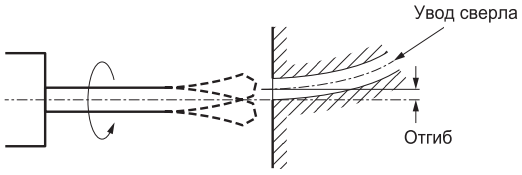
Если поверхность врезания сверла имеет неровную форму или расположена под наклоном, тогда следует снизить подачу до 30% от рекомендуемого значения в обычных условиях обработки.



■ Глубокое сверление

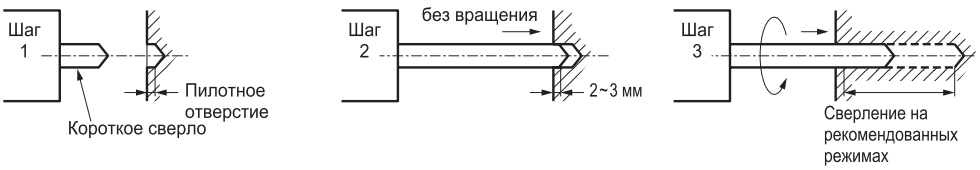
● Проблемы

При использовании FA, DAK или SMDH-D типов сверл на верхнем пределе частоты вращения может произойти отгиб сверла, и при врезании в заготовку возможна поломка инструмента.

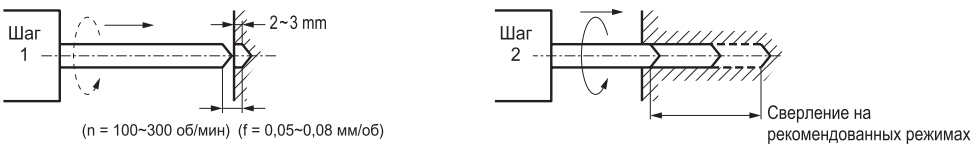


● Методы решения

Метод 1.



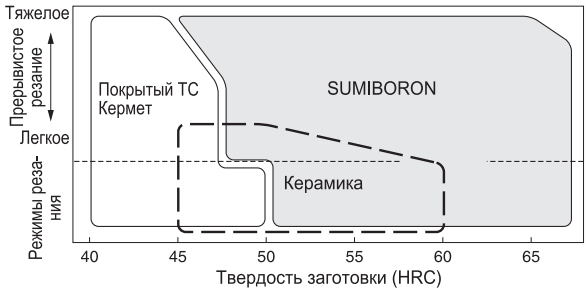
Метод 2. Минимальная скорость вращения уменьшает отгиб сверла



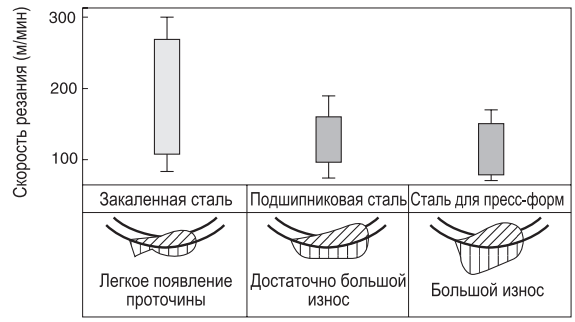
■ Сверление – устранение проблем

Проблема		Основные пути решения		Примеры решений
Проблемы сверления	Чрезмерный износ режущей грани	Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость	- Используйте диапазон более высоких скоростей резания. - Повысьте подачу. - Если используете внутреннюю подачу смазочно-охлаждающей жидкости, то повысьте давление. - Используйте смазочно-охлаждающую жидкость с более высокой степенью смазочной способности.	Vc = 80~100 м/мин - См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге. - менее 1,5 МПа.
	Выкрашивание перемычки сверла	Конструкция инструмента Условия резания Иное	- Подберите сверло с большим размером перемычки - Выберите сверло с большим хонингованием на режущих кромках. - Понизьте скорость подачи при врезании. - Усильте фиксацию обрабатываемой детали.	- f = 0,05~0,1 мм/об.
	Выкрашивание на периферийных участках режущей грани	Конструкция инструмента Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость Иное	- Выберите инструмент с большим хонингованием на режущей кромке - Уменьшите ширину ленточки сверла. - Понизьте скорость резания. - Повысьте подачу. - Используйте смазочно-охлаждающую жидкость с более высокой степенью смазочной способности. - Усильте фиксацию обрабатываемой детали.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге.
	Износ ленточки сверла	Конструкция инструмента Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость Иное	- Выберите инструмент с большим хонингованием на режущей кромке - Уменьшите ширину ленточки сверла. - Понизьте скорость резания. - Повысьте подачу. - Используйте смазочно-охлаждающую жидкость с более высокой степенью смазочной способности. - Усильте фиксацию обрабатываемой детали.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге.
	Поломка сверла	Конструкция инструмента Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость Иное	- Выберите инструмент с большим обратным конусом. - Уменьшите ширину ленточки сверла. - Понизьте скорость резания. - Повысьте подачу. - Используйте смазочно-охлаждающую жидкость с более высокой степенью смазочной способности. - Усильте фиксацию обрабатываемой детали.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге.
Неудовлетворительное качество обработки поверхности	Отверстие с увеличенным диаметром	Конструкция инструмента Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость Иное	- Увеличьте общую жёсткость сверла (прочная сердцевина, небольшая стружечная канавка). - Уменьшите угол режущей части сверла. - Понизьте подачу при врезании. - Понизьте скорость резания. - Усильте фиксацию обрабатываемой детали. - Увеличьте точность крепления сверла. - Увеличьте жёсткость крепления сверла.	130°~120° - f = 0,05~0,1 мм/мин. - См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге. - Биение сверла менее 0,02 мм.
	Неудовлетворительное качество обработки поверхности	Конструкция инструмента Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость	- Выберите инструмент с бо льшим обратным конусом. - Повысьте скорость резания. - Используйте смазочно-охлаждающую жидкость с более высокой степенью смазочной способности.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге.
	Увод сверла	Конструкция инструмента Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость Иное	- Выберите инструмент с меньшим хонингованием режущей кромки. - Понизьте подачу. - Усильте фиксацию обрабатываемой детали. - Увеличьте точность крепления сверла. - Увеличьте жёсткость крепления сверла.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге. - Биение сверла менее 0,02 мм.
Иное	Пакетирование стружки	Конструкция инструмента Смазочно-охлаждающая жидкость	- Повысьте скорость резания. - Повысьте подачу. - Если используете внутреннюю подачу смазочно-охлаждающую жидкость, то понизьте давление.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге. - менее 1,5 МПа.
	Плохое стружодробление	Конструкция инструмента Условия резания Смазочно-охлаждающая жидкость	- Выберите инструмент с меньшим хонингованием режущей кромки. - Повысьте подачу. - Если используете внутреннюю смазочно-охлаждающую жидкость, то понизьте давление.	- См. рекомендуемые условия резания, указанные в общем каталоге. - менее 1,5 МПа.

Применение различных инструментальных материалов

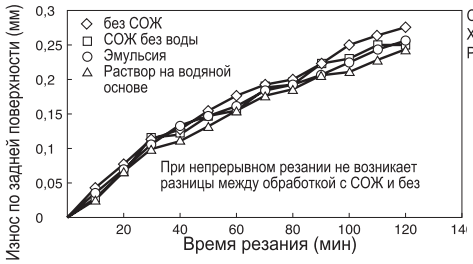


Обрабатываемые материалы и рекомендуемые скорости резания



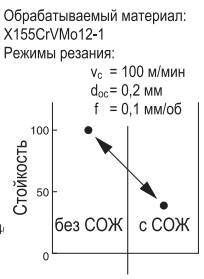
Влияние СОЖ на стойкость

Непрерывное резание



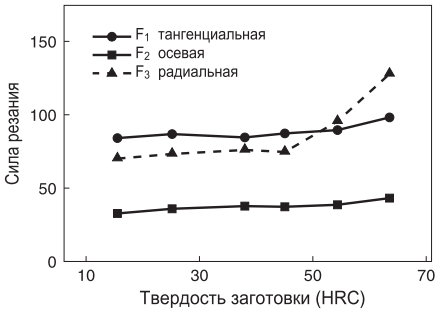
Обрабатываемый материал: 100Cr6 (HRC58~62)
Пластина: TPGN160304
Режимы резания: v_c= 100 м/мин d_{oc}= 0,15 мм
f= 0,1 мм/об

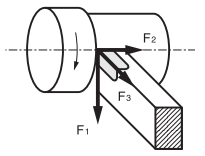
Прерывистое резание



При непрерывном резании наличие или отсутствие СОЖ оказывает минимальное влияние. При прерывистом резании применение СОЖ снижает стойкость из-за наличия циклических термических нагрузок.

Соотношение твердости заготовки и сил резания

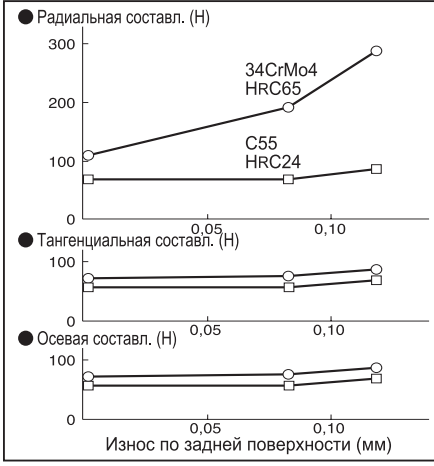




Обрабатываемый материал: C105W1
Режимы резания:
v_c = 120 м/мин
d_{oc}= 0,2 мм
f = 0,1 мм/об

Радиальная составляющая значительно увеличивается при росте твердости заготовки.

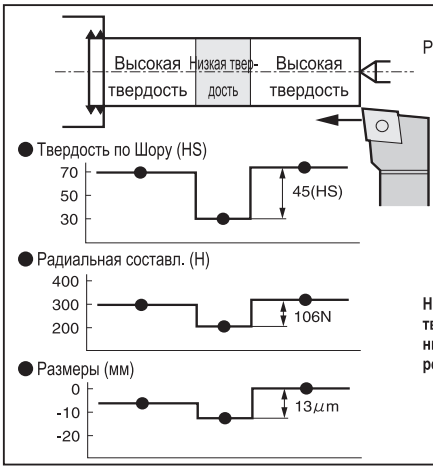
Соотношение между износом по задней поверхности и силой резания



Режимы резания:
v_c = 80 м/мин
d_{oc} = 0,15 мм
f = 0,1 мм/об

Сильное влияние износа по задней поверхности на радиальную составляющую.

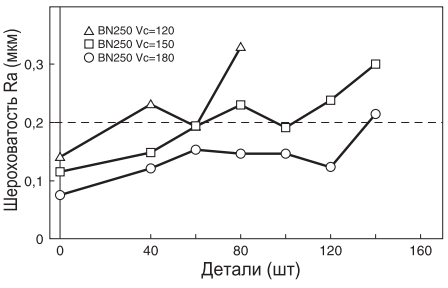
Влияние твердости заготовки на силу резания и точность



Режимы резания:
v_c = 120 м/мин
d_{oc} = 0,5 мм
f = 0,3 мм/об
без СОЖ

Наружный размер зоны с низкой твердостью меньше из-за сравнительно небольших усилий резания.

Соотношение скорости резания и шероховатости

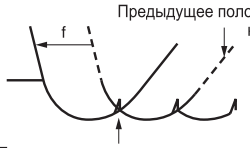
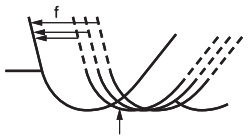
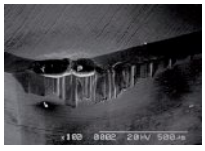


Обрабатываемый материал: 25CrMo4 (HRC58~62)
Державка: MTXNR2525
Пластина: TNMA160408NU

Режимы резания:
v_c= 120, 150, 180 м/мин
d_{oc}= 0,15 мм
f = 0,045 мм/об
СОЖ

На высоких скоростях шероховатость более стабильна.

Улучшение шероховатости управлением подачи

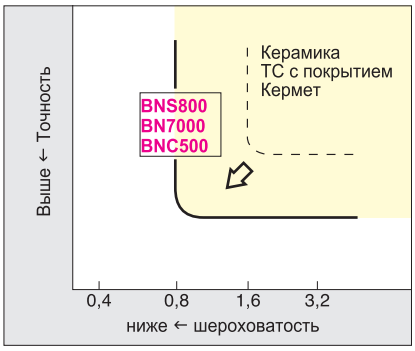
Постоянная подача	Варьируемая подача
	
Постоянное положение проточины	Изменяемое положение проточины
	

Варьирование подачи позволяет менять положение проточины, что улучшает качество обработанной поверхности.

Обработка чугуна

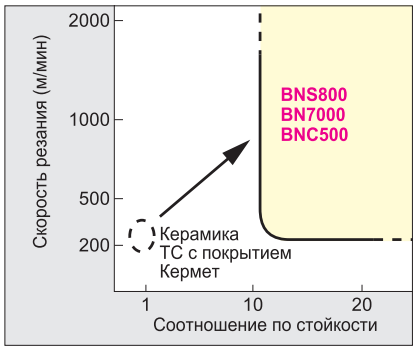
■ Преимущества использования продуктов SUMIBORON для обработки чугуна

● Выше точность

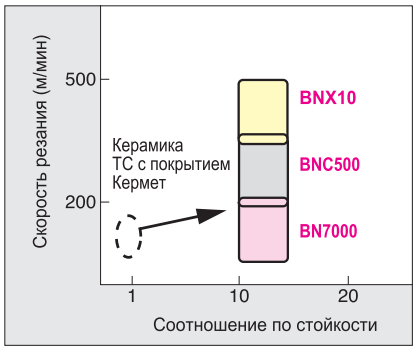


● Выше стойкость на высоких скоростях

Серый чугун

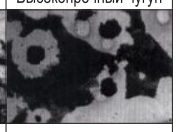
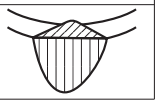


Высокопрочный чугун

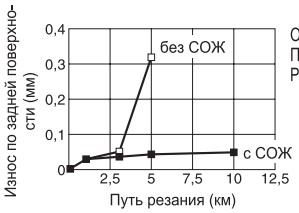


■ Точение

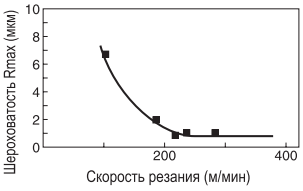
● Структура чугуна и износ

		Серый чугун	Высокопрочный чугун
Структура			
	Состав	Перлит	Перлит + Феррит
Вид износа	с СОЖ		
	без СОЖ	Лункообразование	

(v_c = 200~500 м/мин)



Обрабатываемый материал: СЧ25
Пластина: SNGN120408(BN500)
Режимы резания:
v_c = 450 м/мин
d_{oc} = 0,25 мм
f = 0,15 мм/об
Непрерывное резание



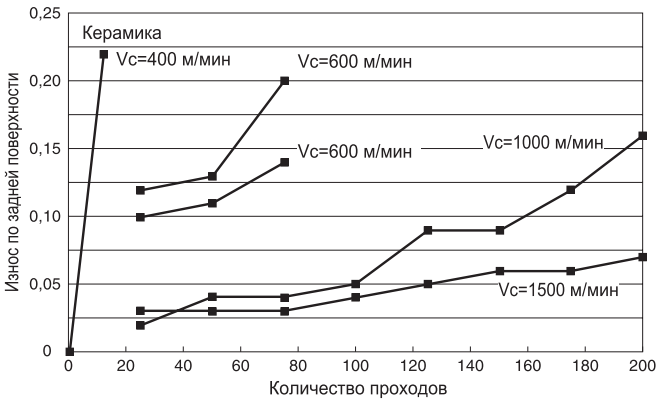
При обработке чугуна скорость резания должна быть 200 м/мин и более (при применении SUMIBORON), также рекомендуется обработка с СОЖ.

Станок: токарный с ЧПУ
Обрабатываемый материал: СЧ25 (200HB)
Державка: MTJNP2525
Пластина: TNMA160408(BN500)
Режимы резания:
v_c = 110~280 м/мин
d_{oc} = 0,1 мм
f = 0,1 мм/об
с СОЖ

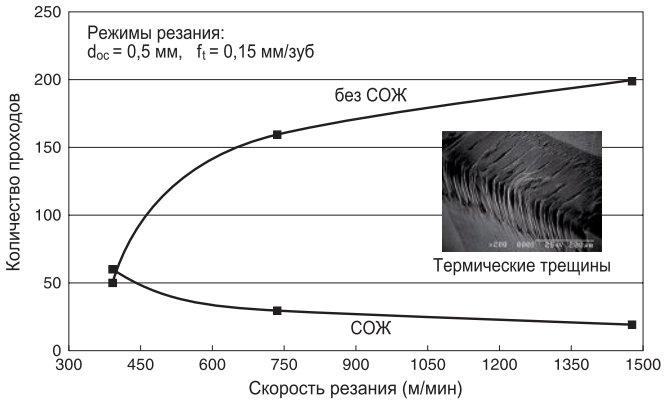
■ Фрезерование

SUMIBORON чистовое фрезерование

- Высокая скорость: до 2000 м/мин
- Шероховатость: Rz3,2 (Ra1,0)
- Снижение себестоимости производства
- Легкая настройка пластины в корпусе
- Корпус с балансировкой

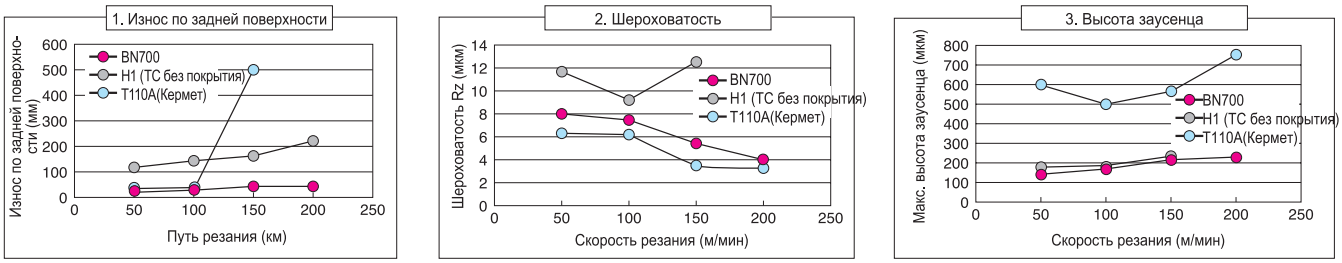


Обрабатываемый материал: СЧ25
Сплав: BN700
Режимы резания: d_{oc} = 0,5 мм, f_t = 0,1 мм/зуб, без СОЖ



Рекомендуется обработка без СОЖ при высокоскоростной обработке с применением SUMIBORON

■ Детали порошковой металлургии



Обрабатываемый материал: SMF4040
Обработка: торцевое точение поверхности с пазами и отверстиями – тяжелый удар (40 проходов)
Пластина: TNGA160404 Режимы резания: f=0.1 мм/об, d=0.1 мм, с СОЖ

Твердый сплав и кермет могут обрабатывать детали порошковой металлургии на скоростях до 100 м/мин, при повышении скорости до 120 м/мин происходит быстрый износ и ухудшается качество поверхности. SUMIBORON же обеспечивает стабильную обработку с высокой износостойкостью, с отсутствием заусенца и низкой шероховатостью на более высоких скоростях.

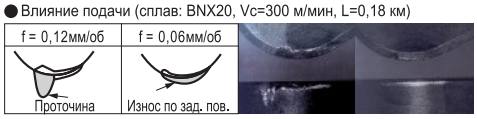
■ Жаропрочные сплавы

● На никелевой основе

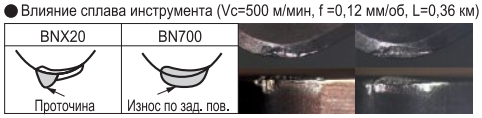
Типичные виды разрушения CBN пластины при обработке Inconel 718

● Влияние скорости резания (сплав: BNX20, f =0,06 мм/об, L=0,72 км)

● Влияние подачи (сплав: BNX20, Vc=300 м/мин, L=0,18 км)



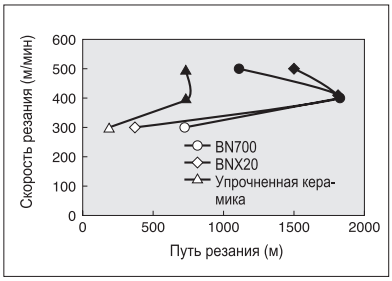
● Влияние сплава инструмента (Vc=500 м/мин, f =0,12 мм/об, L=0,36 км)



Режимы резания: d_{oc} = 0,3 мм, с СОЖ

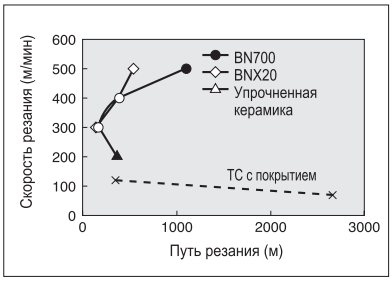
0,5мм

Режимы резания: f = 0,06 мм/об, d_{oc} = 0,3 мм, с СОЖ



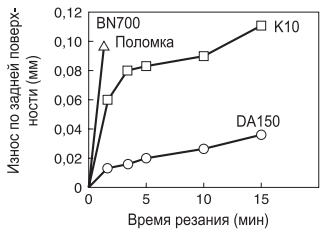
Оценка по:
проточина=0,25 мм
или износ по задней поверхности: 0,25 мм
BNX20 рекомендуется для высокой скорости и низкой подачи
BN700 рекомендуется для скоростей резания менее 240 м/мин

Режимы резания: f = 0,12 мм/об, d_{oc} = 0,3 мм, с СОЖ



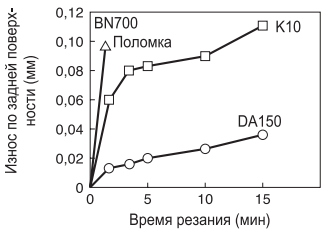
Оценка по:
проточина=0,25 мм
или износ по задней поверхности: 0,25 мм
BN700 рекомендуется для обработки с высокой подачей (более 0,1 мм/об)

● На титановой основе



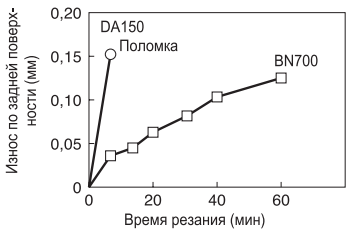
Обрабатываемый материал: Ti-6Al-4V
Пластина: DNM120404NF
Режимы резания: v_c = 100 м/мин, d_{oc} = 0,1 мм, f = 0,05 мм/об, с СОЖ

Позитивные пластины SUMIDIA превосходно подходят для обработки титановых сплавов с высокой износостойкостью.



Обрабатываемый материал: Ti-6Al-4V
Пластина: DNM120404NF
Режимы резания: v_c = 100 м/мин, d_{oc} = 0,1 мм, f = 0,05 мм/об, с СОЖ

Позитивные пластины SUMIDIA превосходно подходят для обработки титановых сплавов с высокой износостойкостью.



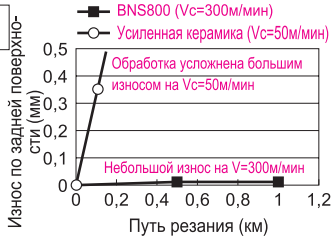
Обрабатываемый материал: Ti-6Al-4V
Пластина: DNMA150412
Режимы резания: Vc = 120 м/мин, d_{oc} = 0,3 мм, f =0,25 мм/об, с СОЖ

Негативные пластины BN700 обеспечивают высокую производительность обработки (большие глубины резания и подачи)

● Обработка наплавленного материала

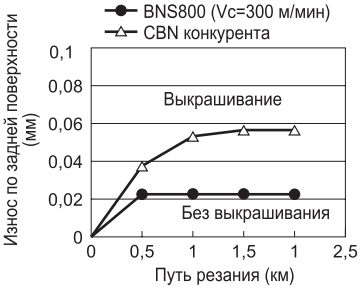
Обраб. мат-л: Colmonoy No.6 (сплав на Ni-основе)

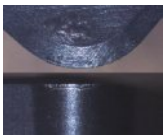
Пластина: SNGN090308
Режимы резания:
v_c = 50, 300 м/мин
f = 0,1 мм/об
d_{oc} = 0,2 мм
с СОЖ



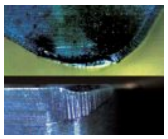
Обраб. мат-л: Stellite SF-20 (сплав на Co-основе)

Пластина: SNGN090308
Режимы резания:
v_c = 50 м/мин
f = 0,1 мм/об
d_{oc} = 0,2 мм
без СОЖ

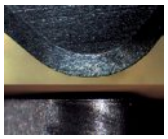




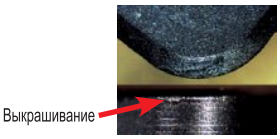
BNS800
(Vc=300 м/мин, после 2 км пути резания)



Упрочненная керамика
(Vc=50 м/мин, после 10 м пути резания)

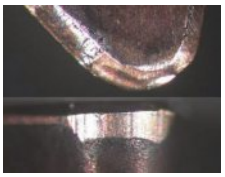
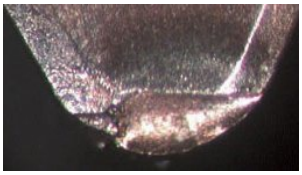
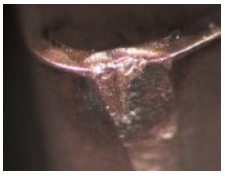
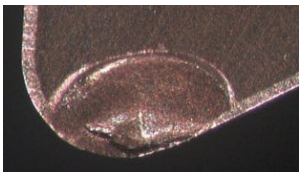
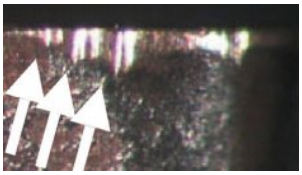
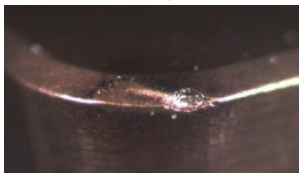
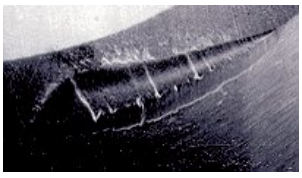


BNS800
(после 2 км пути резания)



CBN конкурента
(после 2 км пути резания)

Дефекты режущей кромки

Проблема	Пути решения	
Большой износ по задней поверхности 	Сплав пластины Геометрия Режимы резания	☞ Выберите более износостойкий сплав ☞ Снизьте силу резания ☞ Выберите позитивную геометрию ☞ Проверьте скорость резания ☞ Снизьте скорость резания (менее 200 м/мин) ☞ Большая подача снижает время пребывания инструмента в контакте с заготовкой
Интенсивное лункообразование 	Сплав пластины Геометрия	☞ Рекомендуется более износостойкий сплав Непрерывное резание-Легкий удар: BNC100 Легкий-Средний удар: BNX20 Средний-Тяжелый удар: BNX25 ☞ Выберите острую геометрию ☞ Выберите геометрию с более прочной кромкой ☞ Проверьте скорость резания
Скол режущей кромки 	Режимы резания	☞ Снизьте скорость резания (менее 200 м/мин) ☞ Увеличьте подачу
Отслаивание покрытия 	Сплав пластины Геометрия Режимы резания	☞ Рекомендуется более износостойкий сплав ☞ Выберите позитивную геометрию ☞ Снизьте скорость резания ☞ Большая подача снижает время пребывания инструмента в контакте с заготовкой
Выкрашивание у проточины 	Режимы резания	☞ Используйте метод варьирования подачи для улучшения качества
Выкрашивание у проточины 	Сплав пластины Геометрия Режимы резания	☞ Выберите более прочный сплав ☞ Выберите более прочную геометрию
Выкрашивание на вершине	Сплав пластины Геометрия Режимы резания	☞ Выберите более прочный сплав ☞ Выберите более прочную геометрию
Термические трещины 	Режимы резания Геометрия Сплав пластины	☞ Циклические термические нагрузки вызывают вертикальные трещины вдоль режущей кромки ☞ Обработка без СОЖ ☞ Снизьте скорость резания, подачу и глубину резания ☞ Используйте более острую геометрию ☞ Выберите сплав, который способен выдерживать большие температурные нагрузки

■ Таблица обозначений марок сталей

● Углеродистые стали

JIS	AISI	DIN
S10C	1010	C10
S15C	1015	C15
S20C	1020	C22
S25C	1025	C25
S30C	1030	C30
S35C	1035	C35
S40C	1040	C40
S45C	1045	C45
S50C	1049	C50
S55C	1055	C55

● Хромоникельмолибденовые стали

SNCM220	8620	21NiCrMo2
SNCM240	8640	—
SNCM415	—	—
SNCM420	4320	—
SNCM439	4340	40NiCrMo6
SNCM447	—	34NiCrMo6

● Хромовые стали

SCr415	—	15CrMo5
SCr420	5120	20Cr4
SCr430	5130	34Cr4
SCr435	5132	37Cr4
SCr440	5140	41Cr4
SCr445	5147	—

● Хромомолибденовые стали

SCM415	—	15CrMo5
SCM420	—	20CrMo5
SCM430	4131	25CrMo4
SCM435	4137	34CrMo4
SCM440	4140	42CrMo4
SCM445	4145	—

● Марганцевые и хромомарганцевые стали для применения в качестве несущего элемента конструкции или конструкционного материала

SMn420	1522	—
SMn433	1534	—
SMn438	1541	—
SMn443	1541	—
SMnC420	—	—
SMnC443	—	—

● Хромомолибденовые стали

SK1	—	—
SK2	W1-11 1/2	—
SK3	W1-10	C105W1
SK4	W1-9	—
SK5	W1-8	C80W1
SK6	—	C80W1
SK7	—	C70W2

● Быстрорежущие стали

JIS	AISI	DIN
SKH2	T1	—
SKH3	T4	S18-1-2-5
SKH10	T15	S12-1-4-5
SKH51	M2	S6-5-2
SKH52	M3–1	—
SKH53	M3–2	S6-5-3
SKH54	M4	—
SKH56	M36	—

● Легированные инструментальные стали

SKS11	F2	—
SKS51	L6	—
SKS43	W2-9 1/2	—
SKD1	D3	X210Cr12
SKD11	D2	X155CrVMo12-1
SKD61	—	X40CrVMo5-1

● Серый чугун

FC100	No 20B	GG-10
FC150	No 25B	GG-15
FC200	No 30B	GG-20
FC250	No 35B	GG-25
FC300	No 45B	GG-30
FC350	No 50B	GG-35

● Высокопрочный чугун

FCD400	60-40-18	GGG-40
FCD450	—	GGG-40.3
FCD500	80-55-06	GGG-50
FCD600	—	GGG-60
FCD700	100-70-03	GGG-70

● Ферритные нержавеющие стали

SUS405	405	X10CrAl13
SUS429	429	—
SUS430	430	X6Cr17
SUS430F	430F	X7CrMo18
SUS434	434	X6CrMo17 1

● Мартенситные нержавеющие стали

SUS403	403	—
SUS410	410	X10Cr13
SUS416	416	—
SUS420JI	420	X20Cr13
SUS420F	420F	—
SUS431	431	X20CrNi17 2
SUS440A	440A	—
SUS440B	440B	—
SUS440C	440C	—

● Аустенитные нержавеющие стали

JIS	AISI	DIN
SUS201	201	—
SUS202	202	—
SUS301	301	X12CrNi17 7
SUS302	302	—
SUS302B	302B	—
SUS303	303	X10CrNiS18 9
SUS303Se	303Se	—
SUS304	304	X5CrNiS18 10
SUS304L	304L	X2CrNi19 11
SUS304NI	304N	—
SUS305	305	X5CrNi18 12
SUS308	308	—
SUS309S	309S	—
SUS310S	310S	—
SUS316	316	X5CrMo17 12 2
SUS316L	316L	X2CrNiMo17 13 2
SUS316N	316N	—
SUS317	317	—
SUS317L	317L	X2CrNiMo18 16 4
SUS321	321	X6CrNiTi18 10
SUS347	347	X6CrNiNb18 10
SUS384	384	—

● Жаропрочные стали

SUH31	—	—
SUH35	—	—
SUH36	—	X53CrMnNi21 9
SUH37	—	—
SUH38	—	—
SUH309	309	—
SUH310	310	CrNi2520
SUH330	N08330	—

● Ферритные жаропрочные стали

SUH21	—	CrAl1205
SUH409	409	X6CrTi12
SUH446	446	—

● Мартенситные жаропрочные стали

SUH1	—	X45CrSi9 3
SUH3	—	—
SUH4	—	—
SUH11	—	—
SUH600	—	—

Сравнительная таблица шкал твердости

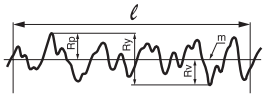
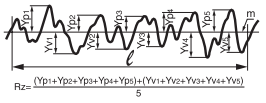
Твёрдость по Бринеллю (НВ) 3 000 кгс	Твёрдость по шкале Роквелла				Твёрдость по Виккерсу 50 кгс	Твёрдость по Шору	Предел прочности при разрыве (кг/мм²)
	Шкала «А» 60 кгс (алмазный индентор)	Шкала «В» 100 кгс (шар 1/10 дюйма)	Шкала «С» 150 кгс (алмазный индентор)	Шкала «D» 100 кгс (алмазный индентор)			
—	85,6	—	68,0	76,9	940	97	—
—	85,3	—	67,5	76,5	920	96	—
—	85,0	—	67,0	76,1	900	95	—
767	84,7	—	66,4	75,7	880	93	—
757	84,4	—	65,9	75,3	860	92	—
745	84,1	—	65,3	74,8	840	91	—
733	83,8	—	64,7	74,3	820	90	—
722	83,4	—	64,0	73,8	800	88	—
712	—	—	—	—	—	—	—
710	83,0	—	63,3	73,3	780	87	—
698	82,6	—	62,5	72,6	760	86	—
684	82,2	—	61,8	72,1	740	—	—
682	82,2	—	61,7	72,0	737	84	—
670	81,8	—	61,0	71,5	720	83	—
656	81,3	—	60,1	70,8	700	—	—
653	81,2	—	60,0	70,7	697	81	—
647	81,1	—	59,7	70,5	690	—	—
638	80,8	—	59,2	70,1	680	80	—
630	80,6	—	58,8	69,8	670	—	—
627	80,5	—	58,7	69,8	667	79	—
601	79,8	—	57,3	68,7	640	77	—
578	79,1	—	56,0	67,7	615	75	—
555	78,4	—	54,7	66,7	591	73	2055
534	77,8	—	53,5	65,8	569	71	1985
514	76,9	—	52,1	64,7	547	70	1890
495	76,3	—	51,0	63,8	528	68	1820
477	75,6	—	49,6	62,7	508	66	1730
461	74,9	—	48,5	61,7	491	65	1670
444	74,2	—	47,1	60,8	472	63	1585
429	73,4	—	45,7	59,7	455	61	1510
415	72,8	—	44,5	58,8	440	59	1460
401	72,0	—	43,1	57,8	425	58	1390
388	71,4	—	41,8	56,8	410	56	1330
375	70,6	—	40,4	55,7	396	54	1270
363	70,0	—	39,1	54,6	383	52	1220
352	69,3	(110,0)	37,9	53,8	372	51	1180
341	68,7	(109,0)	36,6	52,8	360	50	1130
331	68,1	(108,5)	35,5	51,9	350	48	1095

Твёрдость по Бринеллю (НВ) 3 000 кгс	Твёрдость по шкале Роквелла				Твёрдость по Виккерсу 50 кгс	Твёрдость по Шору	Предел прочности при разрыве (кг/мм²)
	Шкала «А» 60 кгс (алмазный индентор)	Шкала «В» 100 кгс (шар 1/10 дюйма)	Шкала «С» 150 кгс (алмазный индентор)	Шкала «D» 100 кгс (алмазный индентор)			
321	67,5	(108,0)	34,3	50,1	339	47	1060
311	66,9	(107,5)	33,1	50,0	328	46	1025
302	66,3	(107,0)	32,1	49,3	319	45	1005
293	65,7	(106,0)	30,9	48,3	309	43	970
285	65,3	(105,5)	29,9	47,6	301	—	950
277	64,6	(104,5)	28,8	46,7	292	41	925
269	64,1	(104,0)	27,6	45,9	284	40	895
262	63,6	(103,0)	26,6	45,0	276	39	875
255	63,0	(102,0)	25,4	44,2	269	38	850
248	62,6	(101,0)	24,2	43,2	261	37	825
241	61,8	100,0	22,8	42,0	253	36	800
235	61,4	99,0	21,7	41,4	247	35	785
229	60,8	98,2	20,5	40,5	241	34	765
223	—	97,3	(18,8)	—	234	—	—
217	—	96,4	(17,5)	—	228	33	725
212	—	95,5	(16,0)	—	222	—	705
207	—	94,6	(15,2)	—	218	32	690
201	—	93,8	(13,8)	—	212	31	675
197	—	92,8	(12,7)	—	207	30	655
192	—	91,9	(11,5)	—	202	29	640
187	—	90,7	(10,0)	—	196	—	620
183	—	90,0	(9,0)	—	192	28	615
179	—	89,0	(8,0)	—	188	27	600
174	—	87,8	(6,4)	—	182	—	585
170	—	86,8	(5,4)	—	178	26	570
167	—	86,0	(4,4)	—	175	—	560
163	—	85,0	(3,3)	—	171	25	545
156	—	82,9	(0,9)	—	163	—	525
149	—	80,8	—	—	156	23	505
143	—	78,7	—	—	150	22	490
137	—	76,4	—	—	143	21	460
131	—	74,0	—	—	137	—	450
126	—	72,0	—	—	132	20	435
121	—	69,8	—	—	127	19	415
116	—	67,6	—	—	122	18	400
111	—	65,7	—	—	117	15	385

1) Значения в скобках ( ) редко употребимы
2) Шкалы A, C и D — используется алмазный индентор для измерения твёрдости по Роквелу

■ Шероховатость поверхности

● Способы измерения шероховатости поверхности

Способ	Обознач.	Метод определения	Графическое представление
Максимальная высота	※1) Ry	Значение (выраженное в мкм), измеренное от низшей точки углубления до высшей точки нулевой линии ℓ, выделенной из проекции профиля. Особо глубокие впадины, канавки и высокие пики в учёт не принимаются, поскольку они рассматриваются как дефект.	
Измерение среднего значения шероховатости по десяти точкам	※2) Rz	Из проекции профиля выделите участок, который будет нулевой линией ℓ. Выберите 5 высших точек и 5 низших. Измерьте расстояние между двумя линиями, запишите значение в мкм. (1 мкм = 0,001 мм).	
Среднеарифметическая шероховатость	Ra	Этот метод используется для получения значения средней линии между высшими и низшими точками в пределах нулевой линии ℓ. «Сложите» проекцию профиля по средней линии и наложите высшие точки на низшие. (См. рисунок: заштрихованные участки с пунктирным контуром). Возьмите всю заштрихованную область и разделите на ℓ в мкм.	

Приведённые значения, справочные длины и символы (треугольники) приведены в таблице справа.

※1) Ry : в соответствии с **JIS B 0601**:2001 (устаревшее обозначение: Rz)
※2) Rz : в соответствии с **JIS B 0601**:2001 (устаревшее обозначение: Rz_{JIS})

Значения для ※1) Ry	Значения для ※2) Rz	Значения для Ra	Стандартные значения базовыз длин, ℓ (мм)	Символ
(0,05S) 0,1S 0,2S 0,4S	(0,05Z) 0,1Z 0,2Z 0,4Z	(0,013a) 0,025a 0,05a 0,10a	—	▽▽▽▽
0,8S	0,8Z	0,20a	0,25	
1,6S 3,2S 6,3S	1,6Z 3,2Z 6,3Z	0,4a 0,8a 1,6a	0,8	▽▽▽
12,5S (18S) 25S	12,5Z (18Z) 25Z	3,2a 6,3a	2,5	▽▽
(35S) 50S (70S) 100S	(35Z) 50Z (70Z) 100Z	12,5a 25a	—	▽
(140S) 200S (280S) 400S (560S)	(140Z) 200Z (280Z) 400Z (560Z)	(50a) (100a)	—	—

Примечание: Значения в скобках не применимы, если только не указано иное.

Комплектующие

N25 .. N32

N

Винты N26
Эксцентриковые штифты / Рычаги N28
Опорные пластины N29
Прихваты / Кольца / Штифты / Гайки N30
Ключи N31

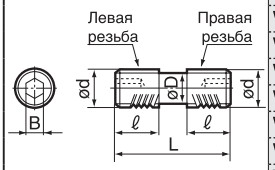
Условные обозначения складских позиций

●● : стандартная складская позиция
● : будет заменен новой позицией, представленной на той же странице
▲ : будет заменён новой позицией (необходимо уточнить наличие на складе)
✻ : неосновная складская позиция (необходимо уточнить наличие на складе)
○○ : имеющийся или плановый ассортимент (необходимо уточнить наличие на складе)
без метки : изготавливается под заказ
– : не производится

Винты

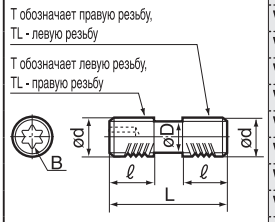
■ Винты

Двойной винт



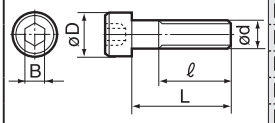
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
WB4-8	●	M4	0.7	7.5	3	3.0	2	–
WB5-10	●	M5	0.8	10	4	3.8	2.5	–
WB5-12	●	M5	0.8	12	5	3.8	2.5	–
WB6-10	●	M6	1.0	10	3.5	4.5	3	–
WB6-13	●	M6	1.0	13	5	4.5	3	–
WB6-16	●	M6	1.0	16	6	4.5	3	–
WB6-20	●	M6	1.0	20	8.5	4.5	3	–
WB6-30	●	M6	1.0	30	12	4.5	3	–
WB8-20	●	M8	1.25	20	8.5	6.2	4	–
WB8-24	●	M8	1.25	24	8.5	6.2	4	–
WB8-30	●	M8	1.25	30	11.5	6.2	4	–
WB8F-30	●	M8	1.0	30	11.5	6.2	4	–

Двойной винт (звёздочка)



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
WB6-16T	●	M6	1.0	16	6	4.5	T20	–
WB6-20T	●	M6	1.0	20	8.5	4.5	T20	–
WB6-20TL	●	M6	1.0	20	8.5	4.5	T20	–
WB7-15T	●	M7	1.0	15	5.5	5	T25	–
WB7F-15T	●	M7	0.75	15	5.5	5	T25	–
WB8R-16T	●	M8	1.25	14	6	6.2	T27	–
WB8L-16T	●	M8	1.25	14	6	6.2	T27	–
WB7F-20TL	●	M7	0.75	20	8.5	5.5	T25	–
WB8-22T	●	M8	1.25	22	8.5	6.2	T27	–
WB8-22TL	●	M8	1.25	22	8.5	6.2	T27	–
WB8-30T	●	M8	1.25	30	11.5	6.2	T27	–
WB8-30TL		M8	1.25	30	11.5	6.2	T27	–

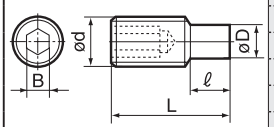
Винт с головкой (внут. шестигр.)



с звёздочкой
"T" после обозначения означает "звёздочку"

Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
BX0304	●	M3	0.5	4	Full	5.5	2.5	–
BX0308	●	M3	0.5	8	Full	5.5	2.5	–
BX0315	●	M3	0.5	15	Full	5.5	2.5	–
BX0320	●	M3	0.5	20	Full	5.5	2.5	–
BX0408	●	M4	0.7	8	6	7	3	–
BX0410	●	M4	0.7	10	8	7	3	–
BX0414	●	M4	0.7	14	Full	7	3	–
BX0425	●	M4	0.7	25	23	7	3	–
BX0508	●	M5	0.8	8	Full	8.5	4	–
BX0510	●	M5	0.8	10	Full	8.5	4	–
BX0512	●	M5	0.8	12	Full	8.5	4	–
BX0515	●	M5	0.8	15	Full	8.5	4	–
BX0520	●	M5	0.8	20	16	8.5	4	5.0
BX0520T	●	M5	0.8	20	16	8.5	T20	–
BX0615	●	M6	1.0	15	Full	10	5	–
BX0620	●	M6	1.0	20	18	10	5	–
BX0622	●	M6	1.0	22	18	10	5	–
BX0625	●	M6	1.0	25	18	10	5	–
BX0820	●	M8	1.25	20	Full	13	6	–

Установочный винт (шестигр.)



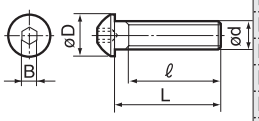
со звёздочкой
"T" после обозначения означает "звёздочку"

Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
BTD0408	●	M4	0.7	8	2	2.8	2	–
BTD0410	●	M4	0.7	10	2	2.8	2	–
BTD0412	●	M4	0.7	12	2	2.8	2	–
BTD0508	●	M5	0.8	8	3	3.5	2.5	–
BTD05F09	●	M5	0.5	9	2	4	T15	–
BTD0510	●	M5	0.8	10	3	3.5	2.5	–
BTD0518	●	M5	0.8	18	4	3.5	2.5	–
BTD0609	●	M6	1.0	9	2	4	3	–
BTD0615	●	M6	1.0	15	5	4	3	–
BTD0618	●	M6	1.0	18	5	4	3	–
BTD0620	●	M6	1.0	20	5	4	3	–
BTD0812	●	M8	1.25	12	2	5	4	–
BTD0818	●	M8	1.25	18	6	5	4	–
BTD0820	●	M8	1.25	20	6	5	4	–
BTD0825	●	M8	1.25	25	8.5	5	4	–
BTD0615T	●	M6	1.0	15	5	4.3	T20	–
BTD0620T	▲	M6	1.0	20	5	4	T20	–

■ Винты

Винт с головкой

внутр. шестигранник

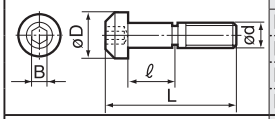


со звёздочкой
"T" после обозначения означает звёздочку

* : левая резьба

Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
BH0304	●	M3	0.5	4	Full	5.5	2	–
BH0306	●	M3	0.5	6	Full	5.5	2	–
FBUP3-A0-9 (BH0308 相当)	●	M3	0.5	8	Full	5.5	2	1.0
BH0310	●	M3	0.5	10	Full	5.5	2	–
BH03504	●	M3.5	0.6	4	Full	7	2	–
BH0408	●	M4	0.7	8	Full	6	2.5	–
BH0410T	●	M4	0.7	10	Full	7.5	T15	–
BH0415	●	M4	0.7	15	Full	6	2.5	–
BH0510	●	M5	0.8	10	Full	9.5	3	–
BH0516	●	M5	0.8	16	14.4	9.5	3	–
BH0615	●	M6	1.0	15	Full	10.5	4	–
BH0616	●	M6	1.0	16	14	10.5	4	–
BH0620	●	M6	1.0	20	Full	10.5	4	–
BH0824R	●	M8	1.25	24	20	12	4	–
* BH0824L	●	M8	1.25	24	20	12	4	–
BH0825	●	M8	1.25	25	20	12	5	–
BH0830R	●	M8	1.25	30	26	12	4	–
* BH0830L	●	M8	1.25	30	26	12	4	–
BH0832	●	M8	1.25	32	Over 29.5	12	5	–
BH1030R	●	M10	1.5	30	26	14	5	–
* BH1030L	●	M10	1.5	30	26	14	5	–
BH1036R	●	M10	1.5	36	32	14	5	–
* BH1036L	●	M10	1.5	36	32	14	5	–

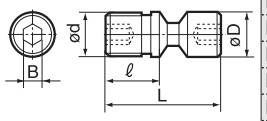
Специальный винт (вн. шест.)

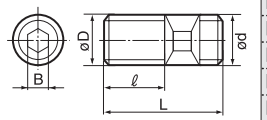


Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
BHA0525	●	M5	0.8	25.5	9.5	8.5	3	–
BHA0625	●	M6	1.0	30	11.3	10.5	4	–
BHE0407	●	M4	0.7	9.5	2	5.7	2.5	1.8
BHE0510	●	M5	0.8	13	3	7.7	3	2.7

Винт рычага

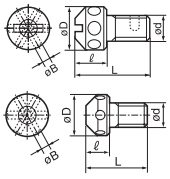
LCS2B Shape





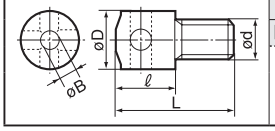
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
LCS2B	●	M3	0.5	10	3.05	3.6	2	–
LCS3S	●	M6	1.0	15	10	6	2.5	–
LCS3	●	M6	1.0	17	10	6	2.5	–
LCS4	●	M8	1.0	21	10	8	3	–
LCS5	●	M8	1.0	25	12	8	3	–
LCS6	●	M10	1.0	27.2	14.4	9.8	4	–
LCS4CA	●	M8	1.0	17.5	10	8	3	–
LCS5CA	▲	M8	1.0	20.5	12	8	3	–
LCS8	●	M1212	1.0	36	15.3	11.8	5	–
LCS10	●	M5	0.8	14.5	8.5	5	2	–
LCS12	●	M6	1.0	17	9.6	6	2.5	–
LCS16	●	M6	1.0	21	13.6	6	2.5	–
LCS20	●	M8	1.0	23.5	13.2	8	3.0	–
LCS25	●	M10	1.0	30	17.4	10	4.0	–
LCS32	●	M12	1.0	36	19.3	12	5.0	–
LCS3TE	●	M6	1.0	15.5	8.5	6	2.5	–
LCS33NT	●	M5	0.8	12	6.2	–	2	–

Винт осевой регулировки



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
AJM4FT	●	M4	0.5	12	5	7.2	2	–
AJM4F	●	M4	0.5	12	5	8	2	–
AJM5F	●	M5	0.5	13	5	9	2	–
AJM6	●	M6	1.0	18	6	10	2.9	–

Винт осевой регулировки

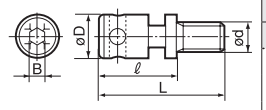


Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
RFJ	●	M4	0.7	12	6	6	2	–

▲ : будет заменён новой позицией (уточните наличие на складе)

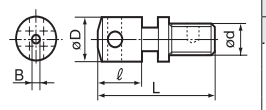
Винты

Регулировочный



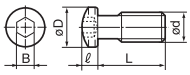
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
SRFJ	●	M4	0.7	17	6.5	6	2	–

Регулировочный



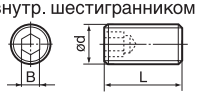
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
FMUJ	●	M4	0.7	17	6.5	6	1	–

Зажимной



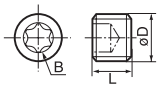
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
FBX0811	●	M8	1.25	11	4.9	8.5	4	–
FBX0817	●	M8	1.25	17	5	8.5	4	–

Установочный
С внутр. шестигранником



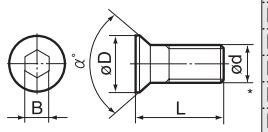
BT0507K форма

с звёздочкой



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
BT0306	●	M3	0.5	6	–	1.5	–	–
BT0404	●	M4	0.7	4	–	2	–	–
BT0406	●	M4	0.7	6	–	2	–	–
BT0408	●	M4	0.7	8	–	2	–	–
BT0412	●	M4	0.7	12	–	2	–	–
BT0506	●	M5	0.8	6	–	2.5	–	–
BT0507K	●	M5	0.8	7	–	2.5	–	–
BT0610	●	M6	1.0	10	–	3	–	–
BT0612	●	M6	1.0	12	–	3	–	–
BT0620	●	M6	1.0	20	–	3	–	–
BT06035T	●	M6	1.0	3.5	–	T15	–	–

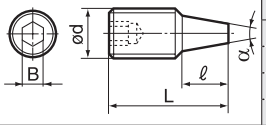
с плоской головкой



* : левая резьба

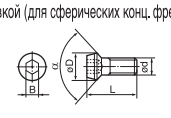
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	D	B	α	Момент (Н·м)
FBUP1-A0-8	●	M3	0.5	6	4.4	2	82	1.0
FBUP2-A0-8	●	M3	0.5	10	5.5	2	82	1.0
FBUP3-A0-8	●	M3.5	0.6	12	7	2	82	1.0
FBUP4-A0-8	●	M5	0.8	15	9.3	3	82	2.7
BFX0307R	●	M3	0.5	7	4	2	60	1.0
BFX0407R	●	M4	0.7	6.5	5.8	2.5	90	1.8
BFX0410R	●	M4	0.7	9.5	5.8	2.5	90	1.8
BFX0410L	●	M4-LH	0.7	9.5	5.8	2.5	90	1.8
BFX0508	●	M5	0.8	8	7.5	3	90	2.7
BFX0511R	●	M5	0.8	10.5	7.5	3	90	2.7
BFX0511L	●	M5-LH	0.8	10.5	7.5	3	90	2.7
BFX0611R	●	M6	1.0	11	9.5	3	90	2.7
BXF0520R	●	M5	0.8	25	8.5	4	90	7.0
BXF0618	●	M6	1.0	18	9	4	90	–
BXF0616	●	M6	1.0	16	9	4	90	–
BXF0620	●	M6	1.0	20	14	9	90	–

Установочный (для сферических конц. фрез)



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	–	B	α	Момент (Н·м)
BTT0407	●	M4	0.5	7	2.6	–	2	60	–
BTT0411	●	M4	0.5	11	2.6	–	2	60	–
BTT0511	●	M5	0.8	11	5	–	2	20	–
BTT0615		M6	1.0	15	6	–	2.5	20	–

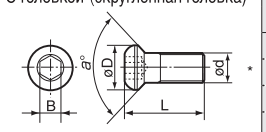
С головкой (для сферических конц. фрез)



* : Левая резьба

Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	D	B	α	Момент (Н·м)
BHF0203L	●	M2-LH	0.4	4	3	1.5	90	–

С головкой (скруглённая головка)



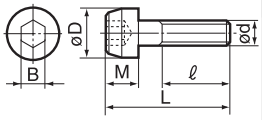
* : Левая резьба

Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	D	B	α	Момент (Н·м)
BHF0306R	●	M3	0.5	6.5	4.4	2	90	1.0
BHF0306L	●	M3	0.5	6.5	4.4	2	90	–
BHF0308R	●	M3	0.5	8	4.4	2	90	1.0
BHF0623	●	M6	1.0	23	12	4	90	7.0

R: правая резьба L: левая резьба

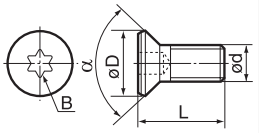
Винты

Специальные винты



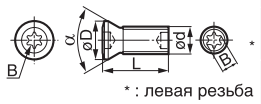
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	M	Момент (Н·м)
QBX120	●	M12	1.75	54	30	22	10	14	–
QBX160	●	M16	2.0	56	30	28	14	16	–

Винты с плоской головкой под звёздочку



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	D	B	α	Момент (Н·м)
BFN0206T	●	M2	0.4	5.5	3.3	T8	90	1.1
BFN0307T	●	M3	0.5	7	4.2	T10	90	2.0
BFN0410T	●	M4	0.7	9.5	5.6	T10	90	2.0
BFN0511T	●	M5	0.8	11	7.4	T20	–	–
BFS0205T	●	M2	0.4	5.5	3	T8	60	1.1
BFTX02508	●	M2.5	0.5	7.5	3.5	T8	60	–
BFTX0309	●	M3	0.5	8.8	4.2	T10	60	–
BFTX0414	●	M4	0.7	14.5	5.5	T15	60	3.0
BFTX0613	●	M6	1.0	13	9	T25	60	–
BFTX0615	●	M6	1.0	15	9	T25	60	–
BFTX0617	●	M6	1.0	17	9	T25	60	–
BFTX016033	●	M1.6	0.35	3.3	2.6	T6	60	0.2
BFTX03508	●	M3.5	0.6	8	5.1	T10	52	2.0
BFTX03584	●	M3.5	0.6	7.4	5.2	T15	60	3.0
BFTX03588	●	M3.5	0.6	8.8	5.2	T15	60	3.4
BFTX01604N	●	M1.6	0.35	4.2	2.4	T6	60	0.2
BFTX0203N	●	M2	0.4	3	2.7	T6	60	0.5
BFTX0204N	●	M2	0.4	4.3	2.7	T6	60	0.5
BFTX02205N	●	M2.2	0.45	4.5	3	T6	60	0.5
BFTX02505N	●	M2.5	0.45	4.5	3.45	T8	60	1.1
BFTX02506N	●	M2.5	0.45	5.5	3.45	T8	60	1.5
BFTX0306N	●	M3	0.5	5.8	4.2	T10	60	2.0
BFTX0307N	●	M3	0.5	6.5	4.2	T10	60	2.0
BFTX03085N	●	M3	0.5	8.3	5.4	T10	60	–
BFTX0309N	●	M3	0.5	9	4.2	T10	60	–
BFTX0312N	●	M3	0.5	12	5.4	T10	60	–
BFTX0406N	●	M4	0.7	6	5.6	T15	60	–
BFTX0407N	●	M4	0.7	7	5.6	T15	60	3.0
BFTX0409N	●	M4	0.7	9	5.6	T15	60	3.4
BFTX0412N	●	M4	0.7	12	5.6	T15	60	3.0
BFTX0509N	●	M5	0.8	9	7	T20	60	5.0
BFTX0511N	●	M5	0.8	11.5	7	T20	60	5.0
BFTX0513N	●	M5	0.8	13	7	T20	60	5.0
BFTX0515N	●	M5	0.8	15	7	T20	60	–
BFTX0615N	●	M6	1.0	15	9	T25	60	7.5
BFTX0619N	●	M6	1.0	19	9	T25	60	7.5
BFTX0203A	●	M2	0.4	3.0	2.7	T6	90	0.5
BFTX0204A	●	M2	0.4	4.3	2.7	T6	90	0.5
BFTX0305A	●	M3	0.5	5.3	4.3	T10	90	–
BFTX0306A	●	M3	0.5	5.8	4.3	T10	90	2.0
BFTX0307A	●	M3	0.5	6.8	4.3	T10	90	2.0
BFTX0407A	●	M4	0.7	7.3	5.6	T15	90	3.4
BFTX0410A	●	M4	0.7	10.3	5.6	T15	90	3.4
BFTX0509A	●	M5	0.8	9.3	6.9	T20	90	5.0
BFTY02205	●	M2.2	0.5	5	3.1	T7	60	–
BFTY02206	●	M2.2	0.45	5.6	3.05	T7	60	1.0

Винт с двойной звёздочкой



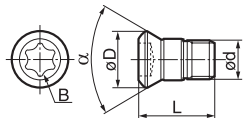
* : левая резьба

Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	D	B	α	Момент (Н·м)
BFTX0410T8R	●	M4	0.7	9.6	5.6	T8	60	1.1
BFTX0410T8L	●							1.1

R: правая резьба L: левая резьба

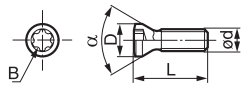
Винты

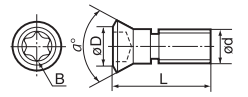
Прецез. винт (звёздочка) (для сферич. фрез)



Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	E	Момент (Н·м)
BFTG0408F	●	M4	0.5	7.5	5.7	T15	61	3.4
BFTG0409F	●	M4	0.5	8.4	6.2	T15	61	3.4
BFTG0513F	●	M5	0.5	13	6.8	T20	61	5.0
BFTG0617F	●	M6	0.75	16.5	8	T25	61	7.5
BFTG0621F	●	M6	0.75	21	9.5	T25	61	7.5
BFTG0825F	●	M8	0.75	24.5	12	T25	61	7.5

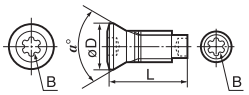
Винт под звёзд. (Torx Plus)





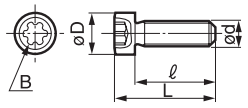
Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	E	Момент (Н·м)
BFTX02505IP	●	M2.5	0.5	4.5	3.5	8IP	60	–
BFTX02506IP	●	M2.5	0.5	5.5	3.5	8IP	60	–
BFTX03584IP	●	M3.5	0.6	7.4	5.1	15IP	60	–
BFTX0418IP	●	M4	0.7	18	5.5	15IP	60	–
BFTX0511IP	●	M5	0.8	11.5	7	20IP	60	–
BFTX0615IP	●	M6	1	15	9	25IP	60	–
BFTX0205NS	●	M2	0.4	5.5	3.2	6IP	90	0.7
BFTX0307NS	●	M3	0.5	7.8	4.2	10IP	90	3
BFTX02506NS	●	M2.5	0.45	6.8	3.6	8IP	90	1.4
BFTX02206NT	●	M2.2	0.45	6	3.2	6IP	60	0.7
BFTX02507NT	●	M2.5	0.45	7	3.6	8IP	60	1.4
BFTX0408NT	●	M4	0.7	8	5.8	25IP	60	5
BFTX0410NT	●	M4	0.7	10	5.8	25IP	60	5
BFTX0305IP	●	M3	0.5	5.3	3.8	8IP	60	2.0
BFTX0306IP	●	M3	0.5	6.0	3.8	8IP	60	2.0
BFTX0307IP	●	M3	0.5	7	4.3	10IP	55	2.0
BFTX03512IP	●	M3.5	0.6	11.5	5.3	15IP	60	3.0
BFTX0407IP	●	M4	0.7	8.0	5.6	15IP	60	3.0
BFTX0409IP	●	M4	0.7	9.0	5.6	15IP	60	3.0
BFTX0412IP	●	M4	0.7	12	5.5	15IP	56	3.0
BFTX0204NS	●	M2	0.4	4.4	3.2	6IP	82	0.7
BFTX03510IP08	●	M3.5	0.6	10	5.3	8IP	60	–
BFTX03510IP15	●	M3.5	0.6	10	5.3	15IP	60	–
BFTX04513IP20	●	M4.5	0.75	13.1	6.8	20IP	60	–

Винт под звёздочку (Torx Plus двойной винт)



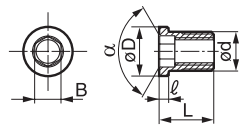
Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	E	Момент (Н·м)
BFTX0410NSW	●	M4	0.7	10	5.8	8IP	90	1.4
BFTX0410NTW	●	M4	0.7	10	5.9	8IP	60	1.4
BFTX0412NTW	●	M4	0.7	12	5.9	8IP	60	1.4

Винт с шляпкой (Torx Plus)



Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
BXD02208IP	●	M2.2	0.45	7.5	5.7	3.5	8IP	–
BXD02509IP	●	M2.5	0.45	9	7	4.1	10IP	–
BXD03011IP	●	M3	0.5	10.5	8	4.9	15IP	–
BXD03512IP	●	M3.5	0.6	11.5	8.8	5.5	15IP	–
BXD04014IP	●	M4	0.7	12.5	9.5	6	20IP	–
BXD04515IP	●	M4.5	0.75	14.3	10.8	6.8	25IP	–

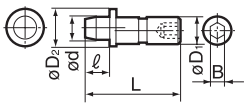
Спец. короткий винт



Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	ℓ	D	B	Момент (Н·м)
BW0507F	●	M5	0.5	7	1.2	6.3	3.5	–
BW0609F	●	M6	0.75	9	–	7.7	4	–

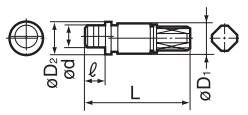
Эксцентриковый штифт

для расточных оправок



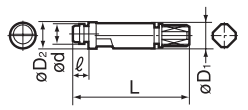
Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	D₁	D₂	L	ℓ	B	Момент (Н·м)
CPB43	●	4.5	5.5	7	19	5	3	–
CPB44T	●	4.5	5.5	7	22	5	3	–
CPB45T	●	4.5	5.5	7	27	5	3	–
CPB43S	●	4.5	5.5	7	16	5	3	–
CPB32C	●	3.3	4.1	5.5	14	3.4	2.5	–
CPB34	●	3.4	4.1	5.5	14	5	2.5	–
CPB35	●	3.4	4.1	5.5	17	5	2.5	–
CPB42	●	4.5	5.5	7	14	5	3	–
CPB64	●	6.8	8.2	10.5	24	6.6	4	–

для SEC-30



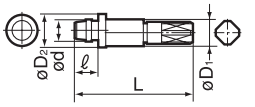
Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	D₁	D₂	L	ℓ	B	Момент (Н·м)
P432U	●	5.025	7	7.5	21	4.9	–	–
P433U	●	5.025	7	7.5	24	4.9	–	–
P434U	●	5.025	7	7.5	30	4.9	–	–
P221US	●	2.11	3.5	4	18	3.3	–	–
P321US	●	3.635	5	5.5	18	3.3	–	–
P322US	●	3.635	5	5.5	21	3.3	–	–
P323US	●	3.635	5	5.5	24	3.3	–	–
P332US	●	3.635	5	5.5	21	4.9	–	–
P333US	●	3.635	5	5.5	24	4.9	–	–
P334US	●	3.635	5	5.5	30	4.9	–	–

для SEC-30



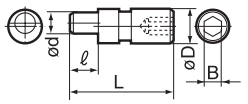
Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	D₁	D₂	L	ℓ	B	Момент (Н·м)
P433W	●	5.025	7	7.8	24	4.9	–	–
P434W	●	5.025	7	7.8	30	4.9	–	–
P323WS	●	3.635	5	5.8	24	3.3	–	–
P333WS	●	3.635	5	5.8	24	4.9	–	–
P334WS	●	3.635	5	5.8	30	4.9	–	–

для SEC-60



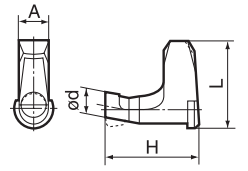
Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	D₁	D₂	L	ℓ	B	Момент (Н·м)
CPZ333V	●	3.4	4.1	5.5	29	5	–	–
CPZ334	●	3.4	4.1	5.5	32	5.5	–	–
CPZ334V	●	3.4	4.1	5.5	35	5	–	–
CPZ433	●	4.5	5.5	7	26	5	–	–
CPZ434	●	4.5	5.5	7	32	5	–	–
CPZ435	▲	4.5	5.5	7	39	5	–	–

Эксцентрик SEC-BU

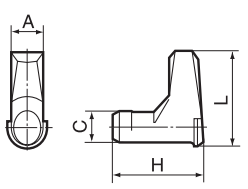


Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	D₁	D₂	L	ℓ	B	Момент (Н·м)
CPU304C	●	3.3	5.5	–	10	3.5	3	–

Рычаг



Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	H	L	ϕ d	–	–	Момент (Н·м)
LCL06	●	2.5	6.28	7.0	2	–	–	–
LCL09	●	3.4	9.3	10.75	3	–	–	–
LCL10	●	3.4	11.8	10.8	3	–	–	–
LCL12	●	3.7	13.4	12.9	3.5	–	–	–
LCL16	●	4.6	17.6	18.4	4.4	–	–	–
LCL20	●	6	18.9	20.4	5.6	–	–	–
LCL32	●	8.5	26.8	29.8	8	–	–	–



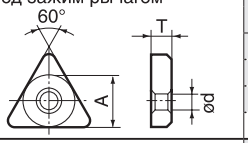
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	H	L	C	–	–	Момент (Н·м)
LCL3S	●	3.7	10.6	10	3.6	–	–	–
LCL4S	●	4.7	14.6	14	4.4	–	–	–
LCL3	●	3.7	12	10	3.6	–	–	–
LCL4	●	4.7	14	14.55	4.7	–	–	–
LCL5	●	6	17	17.1	6	–	–	–
LCL6	●	7.5	21	20.5	7.5	–	–	–
LCL8	●	8.6	25.4	25.4	8.6	–	–	–
LCL33NT	●	3.2	9.4	10	3.2	–	–	–

▲ : Будет заменён новой позицией (уточните наличие на складе)

Опорные пластины

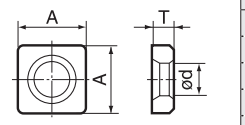
Опорные пластины

Под зажим рычагом



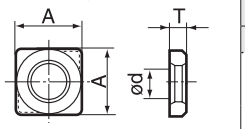
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
LST317	●	9.5	2.7	5.2	–	–	–	–
LST42	●	12.65	3.18	6.9	–	–	–	–
LST53	●	15.85	4.76	7.9	–	–	–	–

Под зажим рычагом



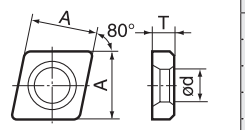
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
LSS32	●	9.48	3.18	5	–	–	–	–
LSS42	●	12.65	3.18	6.9	–	–	–	–
LSS53	●	15.85	4.76	7.9	–	–	–	–
LSS63	●	19	4.76	10	–	–	–	–
LSS84	●	25.35	6.35	13.2	–	–	–	–

Под зажим рычагом



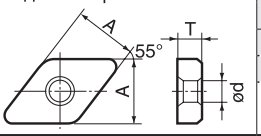
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
LSS42B	●	12.65	3.18	6.9	–	–	–	–

Под зажим рычагом



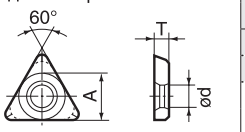
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
LSC317	●	9.5	2.7	5.2	–	–	–	–
LSC32	●	9.48	3.18	5	–	–	–	–
LSC42	●	12.65	3.18	6.9	–	–	–	–
LSC53	●	15.85	4.76	7.9	–	–	–	–
LSC63	●	19	4.76	10	–	–	–	–

Под зажим рычагом



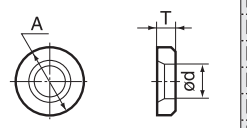
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
LSD317	●	9.5	2.7	5.2	–	–	–	–
LSD42	●	12.65	3.18	6.9	–	–	–	–

Под зажим рычагом



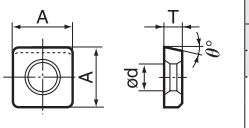
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
LST317CA	●	9.33	2.7	5	–	–	–	–
LST42CA	●	12.5	3.2	6.7	–	–	–	–

Под зажим рычагом



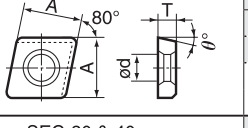
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
LSR817	●	8.4	2.7	4.8	–	–	–	–
LSR10	●	8.4	3.18	4.7	–	–	–	–
LSR12	●	10	3.18	4.7	–	–	–	–
LSR16	●	13.5	4.76	6.3	–	–	–	–
LSR20	●	17.2	4.76	7.9	–	–	–	–
LSR25	●	22	6.35	9.5	–	–	–	–
LSR32	●	28	6.35	12.7	–	–	–	–

Под зажим рычагом



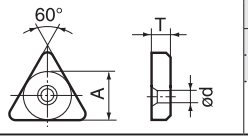
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	θ	Момент (Н·м)
LSS42CA	●	12.5	3.2	6.7	–	–	8	–
LSS53CA	●	15.68	4.8	7.7	–	–	10	–

Под зажим рычагом



Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	θ	Момент (Н·м)
LSC42B	●	12.65	3.18	6.9	–	–	8	–
LSC53CA	●	15.68	4.8	7.7	–	–	10	–

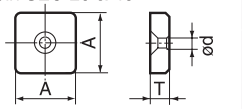
Для SEC-20 & 40



Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
STND323	●	9.3	3.18	3.4	–	–	–	–
STND433	●	12.5	4.76	3.4	–	–	–	–

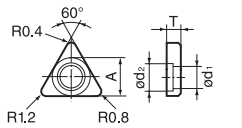
Опорные пластины

Для SEC-20 & 40



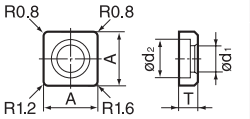
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	–	Момент (Н·м)
SSND423	●	12.5	3.18	3.4	–	–	–	–
SSND433	●	12.5	4.76	3.4	–	–	–	–
SSND533	●	15.65	4.76	3.4	–	–	–	–

Для SEC-30



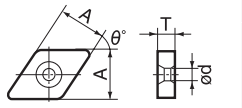
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d_1	d_2	–	–	Момент (Н·м)
EST32	●	9.53	3.18	5.5	5.9	–	–	–
EST43	●	12.7	4.76	7.5	7.9	–	–	–

Для SEC-30



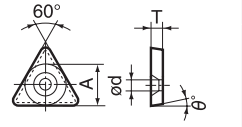
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d_1	d_2	–	–	Момент (Н·м)
ESS42	●	12.7	3.18	7.5	7.9	–	–	–

Для SEC-40



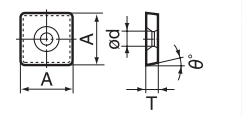
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	θ	Момент (Н·м)
SCND433	●	12.65	4.76	3.4	–	–	80	–
SDND433	●	12.65	4.76	3.4	–	–	55	–
SEND423	●	12.5	3.18	3.4	–	–	75	–

Для SEC-40



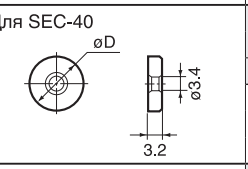
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	θ	Момент (Н·м)
STPD322	●	8.4	3.18	3.4	–	–	6	–
STPD422	●	11.0	3.18	3.4	–	–	6	–
STPL42	●	11.0	3.18	3.4	–	–	6	–

Для SEC-40



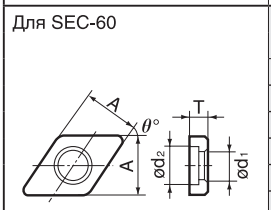
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d	–	–	θ	Момент (Н·м)
SSPD422	●	11.6	3.18	3.4	–	–	6	–
SSPD522	●	14.1	3.18	3.4	–	–	6	–

Для SEC-40



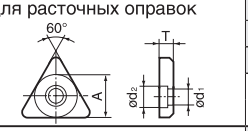
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	–	–	–	–	–	Момент (Н·м)
SRND42	●	12.7	–	–	–	–	–	–

Для SEC-60



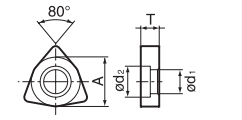
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d_1	d_2	–	θ	Момент (Н·м)
SVW322	●	9.5	3.18	4.7	6.5	–	35	–
SFW423	●	12.65	3.18	6.2	8.0	–	50	–
SFW433	●	12.65	4.76	6.2	8.0	–	50	–
SDW323	●	9.5	3.18	4.7	6.5	–	55	–
SDW423	●	12.65	3.18	6.2	8.0	–	55	–
SCW323	●	9.5	3.18	4.8	6.5	–	80	–
SCW423	●	12.65	3.18	6.2	8.0	–	80	–
SCW635	●	19	4.76	9	11.5	–	80	–

Для SEC-M
для расточных оправок



Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d_1	d_2	–	–	Момент (Н·м)
STW323	●	9.5	3.18	4.7	6.5	–	–	–
STW434	●	12.65	4.76	6.2	8	–	–	–

Для SEC-M

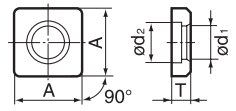


Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d_1	d_2	–	–	Момент (Н·м)
SWW433	●	12.65	4.76	6.2	8	–	–	–

N Комплектующие

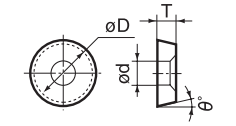
Опорные пластины

Для расточных оправок



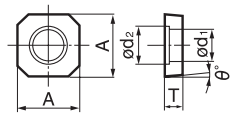
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d_1	d_2	–	–	Момент (Н·м)
SSW423	●	12.65	3.18	6.2	8	–	–	-
SSW635	●	19	4.76	9	11.5	–	–	-

Для спец. державок



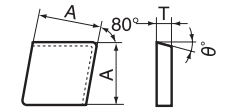
Обознач.	Склад	Размеры (мм) D	T	d	–	–	θ	Момент (Н·м)
SRPH163	●	14	3.2	5.3	–	–	11	-
SRPH203	●	18	3.2	6.3	–	–	11	-

Для SEC-WGC



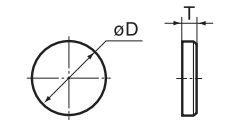
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	d_1	d_2	–	–	Момент (Н·м)
WGCS13R	●	10.7	3.0	5.5	7.5	–	5	-

Для CCLC



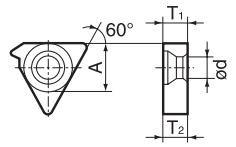
Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T	–	–	–	θ	Момент (Н·м)
SCN204	●	8.7	2.04	–	–	–	7	-

Для BNR



Обознач.	Склад	Размеры (мм) D	T	–	–	–	–	Момент (Н·м)
BNRS120	●	11.2	4	–	–	–	–	-

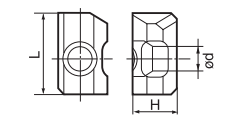
Для LTER-державок



Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	T_1	T_2	d	–	–	Момент (Н·м)
LSTE31-0	●	9.5	2.7	2.7	5.2	–	–	-
LSTE31-1	●	9.5	2.67	2.91	5.2	–	–	-
LSTE31-2	●	9.5	2.64	3.11	5.2	–	–	-
LSTE42-0	●	12.7	3.18	3.18	7.0	–	–	-
LSTE42-1	▲	12.7	3.14	3.45	7.0	–	–	-
LSTE42-2	▲	12.7	3.09	3.71	7.0	–	–	-

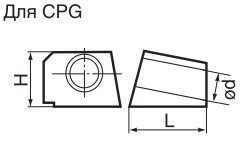
Прихваты

Гнёзда PWS



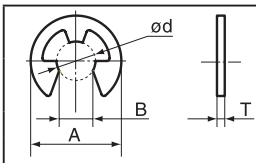
Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	L	H	–	–	–	Момент (Н·м)
PWSS4R	●	4.6	15	9	–	–	–	–

Для CPG



Обознач.	Склад	Размеры (мм) d	L	H	–	–	–	Момент (Н·м)
PTW40R	●	M8	17	12.514	–	–	–	–
PTW41L	●	M8	17	12.675	–	–	–	–
PTW41R	●	M8	17	12.675	–	–	–	–

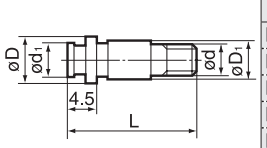
Кольцо



Обознач.	Склад	Размеры (мм) A	B	T	d	–	–	Момент (Н·м)
ER03	●	7	2.6	0.6	3	–	–	–
ER04	●	9	3.5	0.6	4	–	–	–
ER05	●	11	4.3	0.6	5	–	–	–

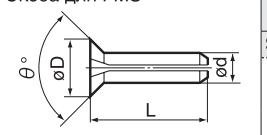
Крепление опорной пластины

Винт для SEC-M



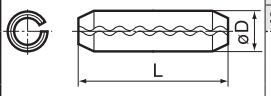
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	Шаг	L	D	D_1	d_1	Момент (Н·м)
MP317	●	M4	0.7	15.5	6	4	3.7	–
MP317S	●	M4	0.7	15.5	6	4	3.7	–
MP320	●	M4	0.7	19.5	6	4	3.7	–
MP320S	●	M4	0.7	19.5	6	4	3.7	–
MP416	●	M5	0.8	14	7.5	6	5	–
MP420	●	M5	0.8	20	7.5	6	5	–
MP432	●	M5	0.8	32	7.5	6	5	–

Скоба для FMS



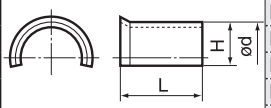
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	–	L	D	θ°	–	Момент (Н·м)
SPP308	●	3.2	–	8	4.8	120	–	–

Скоба для SEC-20 & 40



Обозначение	Склад	Размеры (мм) –	–	L	D	–	–	Момент (Н·м)
SPP3	●	–	–	16	3	–	–	–

Скоба для SEC-70



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	H	L	–	–	–	Момент (Н·м)
LSP3	●	5	3.5	5.5	–	–	–	–
LSP4	●	6.7	4	7	–	–	–	–
LSP5	●	7.7	4.5	8.5	–	–	–	–
LSP6	●	9.85	5.9	11.1	–	–	–	–
LSP8	●	13.05	10	12	–	–	–	–
LSP10	●	5	3.3	6.5	–	–	–	–
LSP16	●	6.6	4.5	9	–	–	–	–
LSP20	●	8.2	5.5	9	–	–	–	–
LSP25	●	9.8	6.5	11	–	–	–	–
LSP32	●	13	10	12	–	–	–	–

Рычаги

Рис.1

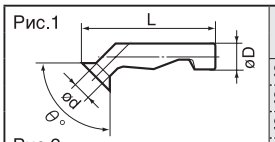
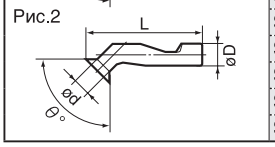


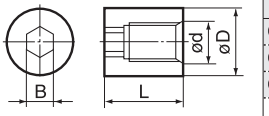
Рис.2



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	D	L	θ	–	Форма	Момент (Н·м)
SR083	●	2.7	2.9	20	60	–	Рис.1	–
SR104	●	3	3.4	21	60	–		
SR124	●	3.5	3.9	24	60	–		
SR164	●	4.5	5	32	60	–		
SR204	●	5.5	6	41	60	–		
SR164Q	●	4.5	5	32	60	–		
SW43B	●	4	4.9	27.5	90	–	Рис.2	–
SR134B	●	3.5	3.9	22.5	60	–		

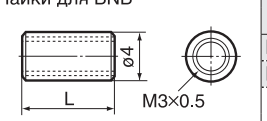
Гайки

Гайки для SEC-M



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	L	D	B	–	–	Момент (Н·м)
CPM32N	●	M4	7.5	7	3	–	–	–
CPM43N	●	M5	8.5	7	3	–	–	–
CPM43S	●	M5	6	7	3	–	–	–

Гайки для BNB



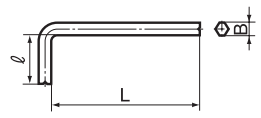
Обозначение	Склад	Размеры (мм) L	–	–	–	–	–	Момент (Н·м)
BNBW-4	●	4	–	–	–	–	–	–
BNBW-7	●	7	–	–	–	–	–	–

▲: Будет заменен новой позицией (необходимо уточнить наличие на складе).

Ключи

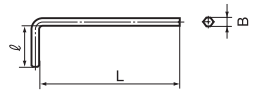
Ключи

Ключ (под внутр. шестигранник)



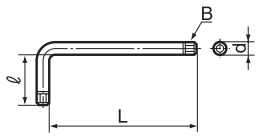
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	L	ℓ	–	–	–	Момент (Н·м)
LH015	●	1.5	45	14	–	–	–	–
LH020	●	2	50	16	–	–	–	–
LH025	●	2.5	56	18	–	–	–	–
LH030	●	3	63	20	–	–	–	–
LH035	●	3.5	68	22	–	–	–	–
LH040	●	4	70	25	–	–	–	–
LH050	●	5	80	28	–	–	–	–
LH060	●	6	90	32	–	–	–	–

Ключ (под внутр. шестигранник)



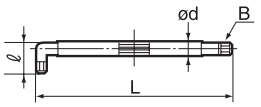
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	L	ℓ	–	–	–	Момент (Н·м)
LH020NT	●	2	50	16	–	–	–	–
LH025NT	●	2.5	56	6.0	–	–	–	–

Ключ (под звёздочку)



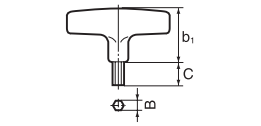
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	d	L	ℓ	–	–	Момент (Н·м)
LT08-06	●	T8	2.3	45.0	6.0	–	–	–
LT15	●	T15	T15	54	17.9	–	–	–
LT20	●	T20	3.9	57.2	19.1	–	–	–
LT25	●	T25	4.4	60.3	20.2	–	–	–
LT27	●	T27	4.96	63.5	21.5	–	–	–

Ключ (крест, звёздочка)



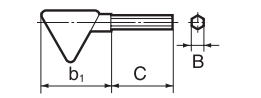
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	d	L	ℓ	–	–	Момент (Н·м)
LT25NT	●	25IP	4	65	10	–	–	–

T-образный (внутр. шестигр.)



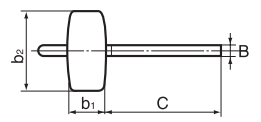
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	b_1	C	–	–	–	Момент (Н·м)
TH030	●	3	48	28	–	–	–	–
TH040	●	4	48	37	–	–	–	–
TH050	●	5	48	45	–	–	–	–

T-образный (внутр. шестигр.)



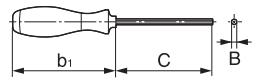
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	b_1	C	–	–	–	Момент (Н·м)
TH015	●	1.5	35	30	–	–	–	–
TH020	●	2	35	39	–	–	–	–
TH025	●	2.5	35	39	–	–	–	–

Ключ (внутр. шестигранник)



Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	C	b_1	b_2	–	–	Момент (Н·м)
TSW040	●	4	60	20	40	–	–	–

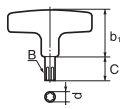
Тип отвёртки



Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	C	b_1	–	–	–	Момент (Н·м)
HD040	●	4	75	111	–	–	–	–

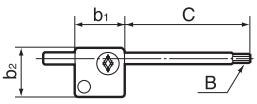
Ключи

T-образный ключ (под звёзд.)



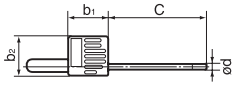
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	d	C	b_1	–	–	Момент (Н·м)
TTX15W	●	T15	4.0	97	28	–	–	–
TTX20	●	T20	3.9	58	47	–	–	–
TT25	●	T25	4.4	27	48	–	–	–
TT27	●	T27	5.0	41	48	–	–	–

Спец. ключ под звёздочку



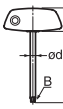
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	C	b_1	b_2	–	–	Момент (Н·м)
TRX06	●	T6	35.5	15	15	–	–	–
TRX08	●	T8	38.5	19	19	–	–	–
TRX10	●	T10	42.1	22	22	–	–	–
TRX15	●	T15	46	22	27	–	–	–
TRX20	●	T20	49	22	30	–	–	–

Спец. ключ под Torx Plus



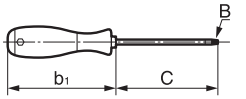
Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	C	b_1	b_2	–	–	Момент (Н·м)
RT06	●	2	35	15	15	–	–	–

T-образный ключ (Torx Plus)



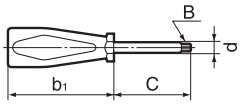
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	d	C	b_1	–	–	Момент (Н·м)
TTR15IP	●	15IP	4.0	80	25.5	–	–	–

Спец. ключ Torx Plus (отвёртка)



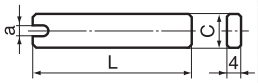
Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	C	b_1	–	–	–	Момент (Н·м)
TRDR08IP	●	8IP	60	104	–	–	–	–
TRDR10IP	●	10IP	80	111	–	–	–	–
TRDR15IP	●	15IP	80	111	–	–	–	–
TRDR20IP	●	20IP	100	118	–	–	–	–
TRDR25IP	●	25IP	100	118	–	–	–	–

Спец. ключ Torx Plus (отвёртка)

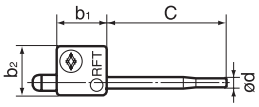


Обозначение	Склад	Размеры (мм) B	d	C	b_1	–	–	Момент (Н·м)
TRD07	●	T7	2.0	45	70	–	–	–
TRD08	●	T8	2.3	55	70	–	–	–
TRD15	●	T15	3.9	70	100	–	–	–
TRD20	●	T20	4.6	100	90	–	–	–
TRD25	●	T25	5.3	80	110	–	–	–

Ключ



Обозначение	Склад	Размеры (мм) L	a	–	C	–	–	Момент (Н·м)
KY25	●	45	2.5	–	10	–	–	–
KY40	●	60	4	–	13	–	–	–



Обозначение	Склад	Размеры (мм) d	C	b_1	b_2	–	–	Момент (Н·м)
RFT	●	1.7	35	15	15	–	–	–